

Grado Universitario en Ingeniería en Tecnologías Industriales
2017-2018

Trabajo Fin de Grado

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA
SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA
LA ALIMENTACIÓN DE UN INSTITUTO
DE EDUCACIÓN SECUNDARIA”

Laura Sarria Franco de Sarabia

Tutor

Antonio Soria Verdugo

Madrid, octubre de 2018



[Incluir en el caso del interés de su publicación en el archivo abierto]

Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons

Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada

RESUMEN

En este trabajo se describe el diseño de una instalación solar fotovoltaica aislada de casi 100 kWh/día para alimentar al Instituto de Educación Secundaria Mediterráneo de Garrucha, Almería. Su función es abastecer al completo la demanda energética del emplazamiento con energía renovable.

La instalación permite generar 42,24 kW_p de potencia y se compone de 132 paneles de 320 W_p de potencia, conectados 2 en serie y 66 en paralelo. También se compone de 10 reguladores, de 32 baterías de las cuales 2 en serie y 16 en paralelo y por último de 5 inversores colocados en paralelo.

La inversión en material de la instalación es de 130 326,26 €, coste queda amortizado en 3 años. No obstante, hay que tener en cuenta que no está incluido el coste administrativo, de obra ni de mantenimiento. La instalación tiene una viabilidad de 3,09 €/W_p.

Palabras clave

Energía renovable, Energía solar fotovoltaica, Efecto fotoeléctrico, Instalación solar fotovoltaica aislada.

ABSTRACT

In this project we describe the design of an isolated photovoltaic solar system of almost 100 kWh/day to provide energy to the Mediterráneo High School of Garrucha, Almería. Its function is to supply enough energy to the school to ensure its complete energy demand of renewable energies.

The electrical installation generates 42,15 kW_p of power and it's composed by 132 solar panels, from which two are connected in series and 66 in parallel. There are also 8 charge controllers and 32 batteries, 2 in series and 16 in parallel. Finally, in our solar system there are 5 power inverters.

The investment on solar systems would be of 130 326,26€, this cost would be amortised in 3 years. However, we have to consider that this investment only represents the cost of the material. To have the total amount we should add the costs of administration, of work and of maintenance, this would extend que amortization time. The solar plant has a viability of 3,09 €/W_p.

Key Words

Renewable energy, Solar Photovoltaic Energy, Photoelectric effect, Isolated Photovoltaic Solar Plant

Agradecimientos:

Querría agradecer al Instituto de Educación Secundaria Mediterráneo de Garrucha por el amable trato que he recibido por su parte y por la información proporcionada para el desarrollo de mi Trabajo de Fin de Grado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.4 Fases de desarrollo del proyecto	3
2. ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1 Tipos de energías	5
2.2 Panorama energético en España.....	11
2.3 Radiación solar	15
2.4 Efecto fotoeléctrico.....	20
2.5 Materiales semiconductores.....	21
2.6 Paneles Solares Fotovoltaicos.....	23
2.7 Conexionado de los módulos fotovoltaicos	28
2.8 Instalaciones Fotovoltaicos.....	30
2.9 Componentes de los sistemas fotovoltaicos.....	31
2.9.1 Estructura.....	31
2.9.2 Regulador:	32
2.9.3 Baterías:.....	34
2.9.4 Inversor.....	35
2.10 Marco Regulador	36
3. DIMENSIONADO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	37
3.1 Características de la ubicación:.....	37
3.2 Demanda energética:.....	40
3.3 Orientación e inclinación óptimas de los módulos fotovoltaicos:	41
3.4 Irradiación sobre la instalación:	43
3.5 Dimensionad del generador:	44
3.6 Distancia entre placas:	47
3.7 Dimensionado del sistema de acumulación	47
3.8 Dimensionado del regulador:.....	50

3.9	Dimensionado del inversor:	51
3.10	Dimensionado del cableado:	52
3.11	Elementos de protección	55
3.11.1	Tubos protectores	55
3.10.2	Toma a tierra	56
3.10.3	Fusible	57
3.10.4	Interruptor magnetotérmico.....	58
3.10.5	Interruptor diferencial	58
4.	MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	59
5.	ESTUDIO ECONÓMICO	60
5.1	Presupuesto:	60
5.2	Amortización:	61
6.	CONCLUSIONES	62
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	64
8.	ANEXO	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1: Componentes de la turbina de tres palas _____	7
Ilustración 2: Mecanismos de transmisión de calor _____	8
Ilustración 3: Balance neto del CO ₂ _____	9
Ilustración 4: Central Hidráulica _____	10
Ilustración 5: Evolución del consumo energético mundial según el tipo de fuente ____	12
Ilustración 6: Estructura de la generación eléctrica peninsular en 2017 (FUENTE: REE, Informe del Sistema Eléctrico Español 2017, tabla de datos producción de energía eléctrica) _____	13
Ilustración 7: Irradiación solar media anual en España sobre superficie horizontal ____	14
Ilustración 8: Capacidad de energía renovable en el mundo, en la UE-28, en los BRICS y en los siete países líderes. _____	14
Ilustración 9: Espectro de radiación solar en la Tierra _____	16
Ilustración 10: Componentes de la irradiación solar global (FUENTE: propia) _____	16
Ilustración 11: Posición solar respecto a la superficie terrestre horizontal _____	17
Ilustración 12: Efecto fotoeléctrico (FUENTE: propia) _____	20
Ilustración 13: Configuración cristal de silicio (FUENTE: propia) _____	22
Ilustración 14: Efecto fotoeléctrico en un material semiconductor (FUENTE: propia) _____	23
Ilustración 15: Célula de silicio monocristalino _____	24
Ilustración 16: Célula de silicio policristalino _____	25
Ilustración 17: Ejemplo de uso de célula de silicio amorfo _____	25
Ilustración 18: Efecto de la irradiación _____	26
Ilustración 19: Efecto de la temperatura de la celda _____	27
Ilustración 20: Esquema de posición de los diodos (FUENTE: propia) _____	29
Ilustración 21: Esquema de instalación fotovoltaica aislada (FUENTE: Revolosal shop) _____	30
Ilustración 22: Esquema de instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica (FUENTE: Cenit solar) _____	31
Ilustración 23: Batería primaria _____	34
	X

Ilustración 24: Municipio de Garrucha en la provincia de Almería (FUENTE: Instituto de estadística y cartografía de Andalucía) _____	38
Ilustración 25: Localización del Instituto de Educación Secundaria Mediterráneo y de un solar en Garrucha (FUENTE: Google maps) _____	38
Ilustración 26: Vista del solar (FUENTE: Google maps) _____	39
Ilustración 27: Irradiancia Global, Directa y Difusa en Almería (FUENTE: Atlas de radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT) ____	39
Ilustración 28: Distribución del consumo eléctrico por usos (FUENTE: propia) ____	40
Ilustración 29: Esquema del ángulo de inclinación de un panel (FUENTE: Documento Básico HE Ahorro Energía, Sección HE 5) _____	41
Ilustración 30: Esquema del ángulo acimut de un panel (FUENTE: Documento Básico HE Ahorro Energía, Sección HE 5) _____	42
Ilustración 31: Esquema Distancia entre Placas (FUENTE: propia) _____	47
Ilustración 32: Distribución del presupuesto (FUENTE: propia) _____	61
Ilustración 33: Amortización de la instalación (FUENTE: propia) _____	62

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Demanda de energía diaria (FUENTE: propia) _____	40
Tabla 2: Factor de inclinación óptimo en función del periodo de diseño (FUENTE: Documento Básico HE Ahorro Energía, Sección HE 5) _____	42
Tabla 3: Irradiación en el plano horizontal en Garrucha (Fuente: PVGIS) _____	44
Tabla 4: Dimensionado del generador (FUENTE: Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones Aisladas) _____	45
Tabla 5: Propiedades de los paneles solares (FUENTE: Ficha técnica Anexo) _____	46
Tabla 6: Dimensionado de la batería (FUENTE: Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones Aisladas) _____	50
Tabla 7: Referencia para el dimensionado de cables (FUENTE: ITC-BT-19) _____	54
Tabla 8: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir (FUENTE: Guía Técnica de aplicación: Instalaciones interiores, Tubos y Canales protectoras; GUÍA-BT-21) _____	56
Tabla 9: Presupuesto material de la instalación (FUENTE: propia) _____	60

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

Una de las motivaciones para realizar este trabajo de fin de grado ha sido poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Grado en Ingeniería en Tecnologías industriales.

Sin embargo, la principal motivación era realizar un proyecto de consumo energético alternativo a lo convencional y sobre todo respetuoso con el medio ambiente. En la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Asamblea General de las Naciones Unidas, el objetivo 7 aboga por energías asequibles y no contaminantes.

En España, en 2017, el 33,7% de la energía generada fue renovable. Sin embargo, el 75% del consumo energético español proviene de energías no renovables. Esto muestra la gran dependencia energética que tiene el país de los combustibles fósiles. Esta dependencia daña gravemente el medio ambiente por lo que es necesario invertir en otros métodos respetuosos con nuestro planeta.

Por otra parte, España es uno de los países de Europa que más radiación solar recibe, lo que le convierte en uno de los países con mayor potencial energético solar del continente. No obstante, otros países que reciben menos irradiación, como Alemania, invierten más en este sistema de generación energética.

Por estas razones, creo que la idea de proporcionar una instalación solar fotovoltaica aislada a un instituto de educación secundaria, no solo permite reducir el consumo de energías no renovables, sino que permite mostrar a las siguientes generaciones la importancia de las energías renovables y su potencial.

1.2 Planteamiento del problema

La energía solar fotovoltaica actualmente es una de las energías renovables más avanzadas a nivel tecnológico y a nivel de usuarios. Por este motivo el coste de esta se ha reducido considerablemente. Cada vez es más asequible instalar tu propia instalación de autoconsumo. Sin embargo, a pesar de las condiciones climatológicas, en España es una forma de energía bastante poco utilizada. Esto se debe principalmente a que el Real Decreto 900/2015 no permite la modalidad denominada *balance neto* en el ámbito doméstico. Se trata de la posibilidad de vender la energía sobrante de una instalación privada a la red eléctrica. Este método además de generar una fuente de ingresos para el consumidor, contribuiría muy positivamente a desprendernos de la dependencia a las energías no renovables.

El problema reside entonces en diseñar una instalación de autoconsumo que además de abastecer las necesidades energética de un instituto, pueda resultar rentable a largo plazo. Para eso es importante remarcar que el uso de baterías permite almacenar la mayor parte de la energía sobrante de manera que no haya que “regalársela” a la red eléctrica.

Para ello ha sido importante la elección de la localización de la instalación y dimensionar de manera lo más óptima posible la disposición del equipamiento, así como la calidad y eficiencia de estos.

1.3 Objetivos

El objetivo de este trabajo es realizar un diseño de una instalación solar fotovoltaica aislada para alimentar toda la demanda energética del Instituto de Educación Secundaria Mediterráneo situado en el municipio de Almería, Garrucha.

Para ello se introducirá en primer lugar toda la información sobre el principio de funcionamiento de esta energía. A continuación, se hará un estudio de la demanda del lugar. Por ultimo se procederá a dimensionar todos los dispositivos que conforman la instalación.

El objetivo de esta instalación se basa en el uso de una fuente de energía renovable, pero también puede implicar un ahorro en el gasto energético. Es cierto que supone una inversión, pero con el tiempo quedaría amortizada.

Al tratarse el emplazamiento de una escuela, permite que muchas familias se familiaricen con el sistema de generación energética fotovoltaica. Puede resultar inspirador para que ellos decidan también instalar un pequeño sistema aislado en sus casas.

1.4 Fases de desarrollo del proyecto

El desarrollo de este proyecto se puede dividir en varios bloques. No han seguido un orden cronológico estrictamente. Se trata de una guía de procedimiento que me ha servido para organizar el desarrollo de este trabajo.

Fase de planificación:

En primer lugar, estaría la fase de planificación. Esta comenzó en noviembre de 2017. Se realizó una primera reunión con el tutor para comentarle las ambiciones que tenía y algunos temas que quería abordar.

Desde un primer momento tenía claro que quería hacer un proyecto sobre energías renovables. Considero que es imprescindible desarrollar estas formas de energía hasta convertirlas en la primera fuente de energía en el mundo entero. Por otra parte, durante ese periodo de tiempo asistí a un curso impartido por la Universidad Carlos III de Madrid, “Construyendo Solidaridad”. Me interesó ampliamente una sesión informativa sobre tecnologías apropiadas.

En este curso se explicó como ayudar a los países que tienen difícil acceso a la energía a no solo acceder a ella, sino que esta provenga de energías renovables. La forma más extendida era la energía solar térmica, como el uso de cocinas solares o de sistemas de saneamiento de agua. Otra buena opción es el uso de energía solar fotovoltaica para acceder al agua por bombeo hidráulico, o simplemente para obtener energía eléctrica aprovechando las condiciones climatológicas de los lugares más desfavorecidos.

Finalmente, este no fue el sujeto de mi trabajo, me pareció un proyecto muy amplio y tenía muy poca información acerca de esas zonas. Decidí centrarme en primer lugar, en un sitio conocido. De esta forma, una vez desarrollado el proyecto, se pueda aplicar en las distintas localizaciones.

Fase de investigación:

Una vez decidido el enfoque del proyecto, se procede a investigar el panorama actual de la energía fotovoltaica, tanto en el mundo como en España. Esto resulta de gran valor a la hora de elegir un proyecto pertinente, que cumpla con las necesidades actuales.

En mi caso, investigué acerca del desarrollo actual de la energía solar fotovoltaica, del progreso tecnológico de los dispositivos utilizados en las instalaciones. También investigué los lugares que reciben mayor irradiación para que la instalación fuera lo más eficiente posible. Las provincias más idóneas eran Tenerife y Almería. Sin embargo, si bien Tenerife recibía la irradiación más elevada en un periodo determinado, Almería recibe una media de irradiación anual más elevada.

Fase de diseño:

Esta fase se debe realizar una vez se tengan los objetivos claros. Consiste en dimensionar todos los dispositivos de la instalación. Para ello es necesario conocer el emplazamiento exacto. Una vez realizados los cálculos, hay que buscar los componentes que mejor se adapten a los resultados obtenidos. Intentando asegurar siempre un rendimiento lo más eficiente posible, así como un proyecto económico.

Fase de redacción:

Realmente esta fase es compatible con todas las demás. A medida que vamos recopilando información o diseñando la instalación hay que documentarlo. Lo primero que hay que tener claro es la estructura que presentará la memoria del trabajo. Existen dos grandes bloques en los que se presenta la energía fotovoltaica, sus aplicaciones, su

funcionamiento, etc. Y la parte técnica en la que se pone en práctica lo aprendido. Existen también otros apartados muy importantes como son el mantenimiento de la instalación o el presupuesto de esta. Siempre es importante hacer un análisis crítico del trabajo realizado y para ello cuanta más información tengamos más acertado será.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Tipos de energías

Desde principios del siglo XX hemos utilizado como recurso energético las energías fósiles. Estas son el petróleo, el gas natural y el carbón. Este conjunto de recursos se caracteriza por su alta eficiencia energética, su alta contaminación atmosférica y su finitud. Se trata de recursos limitados a escala humana puesto que la formación de petróleo, gas o carbón conlleva millones de años.

Por otra parte, estos elementos son muy perjudiciales para el medioambiente. La combustión de petróleo, gas natural y carbón produce grandes cantidades de dióxido de carbono, dióxido de azufre, hidrocarburos, partículas en suspensión, etc. A su vez estos contaminantes forman los denominados contaminantes secundarios, ozono, dióxido de nitrógeno, etc.

Esto tiene consecuencias desastrosas. Por una parte, el dióxido de carbono, el metano, el óxido de nitrógeno y el ozono son los responsables del efecto invernadero. Este efecto se produce cuando la irradiación solar atraviesa la atmósfera y tras reflejarse en la tierra, parte de la energía queda bloqueada por estos contaminantes, provocando un aumento de la temperatura del planeta.

También se producen lluvias ácidas cuando el óxido de nitrógeno, y el dióxido de azufre reaccionan con la humedad del aire. Esto forma lluvias con un pH inferior a 5. Las

consecuencias son desastrosas para la biodiversidad además de tener un carácter muy corrosivo.

Existen muchas otras consecuencias negativas como una afección directa sobre los seres vivos, problemas respiratorios. Esto sucede principalmente en las áreas urbanas donde se concentra una gran emisión de CO₂ debido al tráfico principalmente.

Otro recurso energético no renovable es la energía nuclear. En este proceso se libera energía durante la fisión nuclear de dos núcleos atómicos. Esta reacción proporciona una energía calorífica que, al igual que en las centrales de combustibles fósiles, calienta agua hasta generar vapor para accionar una turbina conectada a un generador.

A pesar del alto rendimiento de estas centrales y del hecho que no producen emisiones de CO₂ existen dos grandes desventajas acerca de la implantación de estas centrales. En primer lugar, los accidentes nucleares. Una explosión nuclear en la planta es capaz de provocar una catástrofe como fueron el accidente nuclear de Chernobyl o de Fukushima. Este suceso puede darse ante un imprevisto, una mala gestión de la planta, falta de mantenimiento.

Otra desventaja importante es la difícil gestión de los residuos nucleares generados durante el proceso energético. Estos residuos tienen una alta radioactividad, la cual es altamente perjudicial para la salud. Provoca cambios en la estructura de las células, lo que implica a largo plazo, desarrollo de cáncer y leucemia.

Por todas las desventajas que suponían las energías no renovables nació la necesidad de desarrollar energías renovables. Estas combinan la capacidad de ser ilimitadas y de no generar ninguna emisión. Las principales energías renovables son la energía solar (térmica o fotovoltaica), la energía eólica, la energía hidráulica y la energía de biomasa.

La energía eólica es aquella que a partir de la energía cinética del viento produce energía eléctrica. Esta se genera en los molinos de viento de tres palas principalmente, en el que el movimiento de las palas mueve un rotor que transmite su movimiento mediante un eje

horizontal a un generador para producir energía eléctrica. Podemos ver su funcionamiento en la siguiente imagen:

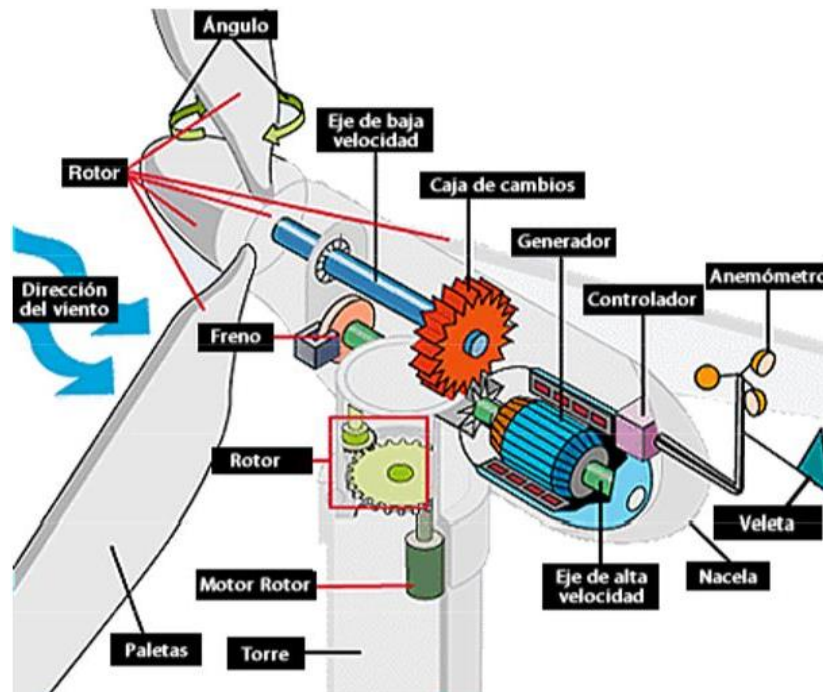


Ilustración 1: Componentes de la turbina de tres palas

Se trata de una energía muy desarrollada en España. Con una potencia eólica instalada de 23 026 MW en 2016, España se encuentra en la tercera posición en el ranking de países mundiales en capacidad eólica. Dentro de España la energía eólica es la tercera más desarrollada después de la energía nuclear y el carbón. La energía eólica representa el 19% de la energía generada en España.

Otra de las fuentes principales de energía renovable es la energía solar. Dentro de esta destacamos la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica.

La energía solar térmica es la transmisión de energía en forma de calor o trabajo en procesos termodinámicos. Resulta de los movimientos aleatorios de los átomos o moléculas.

Distinguimos tres mecanismos de transferencia de energía térmica.

En primer lugar, la transmisión por conducción. Se trata de la transmisión por contacto directo entre dos cuerpos, o bien de una parte a otra del mismo cuerpo sin desplazamiento de sus partículas.

También existe la transmisión por convección en la que el calor se transmite a través de un fluido. Esta puede ser natural o forzada. Si es natural el propio fluido que absorbe el calor va a cambiar su densidad de manera que se desplazará a la zona más fría donde cede su calor. En el caso que sea forzada el fluido se moverá a través de un ventilador (gas) o una bomba (líquido) de una zona caliente a una zona fría.

Por último, la transmisión por radiación. Se trata de del calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura a otro. No debe encontrarse en contacto con el otro cuerpo, el calor se transmite por medio de ondas a través del espacio.

En la siguiente imagen se resumen los tres mecanismos:

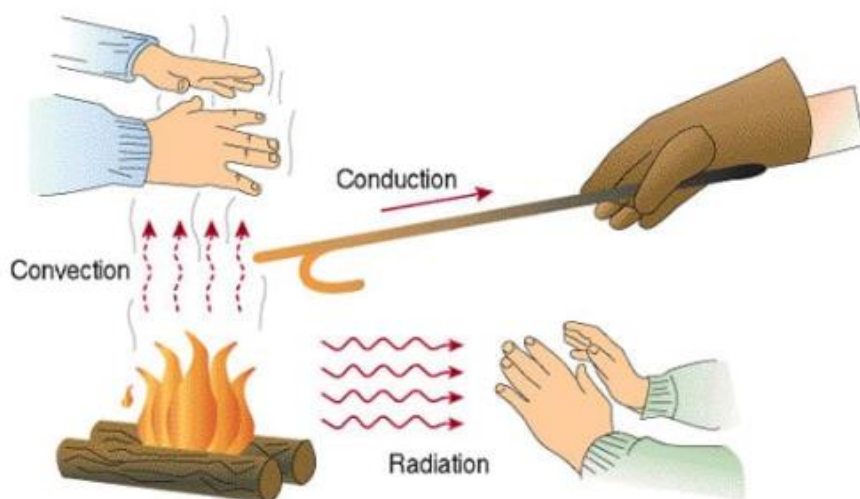


Ilustración 2: Mecanismos de transmisión de calor

Para la conducción vemos que el extremo de la barra metálica que está más cerca del fuego está transmitiendo el calor hacia el extremo más alejado, que está más frío. Para la convección vemos que el fuego calienta el aire, este sube por el cambio de densidad y entra en contacto con las manos, calentándolas. Por último, el fuego también emite radiación en todas las direcciones calentando las manos que se encuentran en el lateral.

La energía solar fotovoltaica se desarrollará en otro apartado, puesto que se trata de la energía en cuestión para este caso de estudio.

Otra fuente de energía renovable es la energía de biomasa. En la cual la materia orgánica originada en un proceso biológico se utiliza como fuente de energía por combustión de esta. Puede ser materia orgánica de origen agrícola, ganadera, industrial o urbana. Su principal característica es que se le atribuyen emisiones netas de dióxido de carbono nulas.

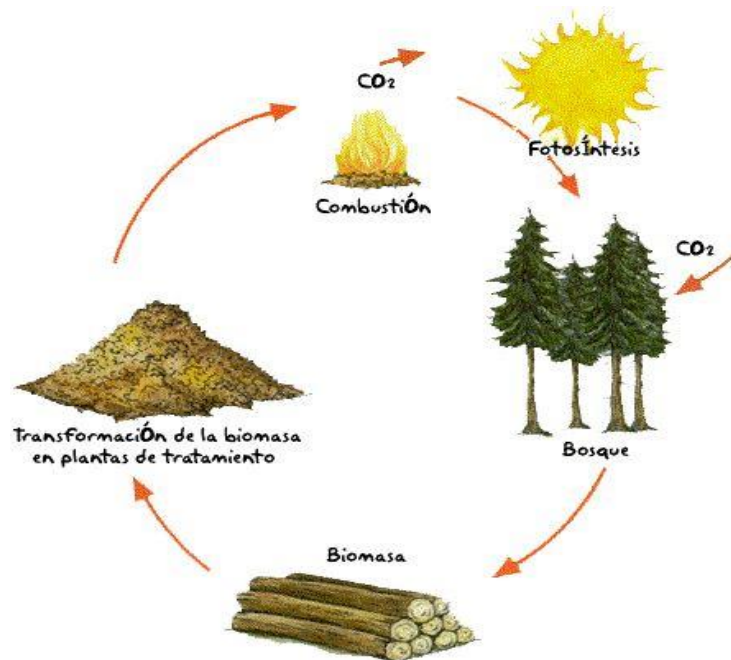


Ilustración 3: Balance neto del CO₂

En este esquema vemos que, aunque para generar energía se emite dióxido de carbono, este se había absorbido previamente gracias a la fotosíntesis por lo que el balance neto de emisiones efectivamente es cero.

La principal desventaja de este método de generación de energía es que mientras que la absorción de dióxido de carbono se reparte a lo largo de una amplia superficie, las

emisiones suelen concentrarse en un punto, las grandes ciudades. Esto desequilibra la balanza del ciclo de dióxido de carbono en aquellos lugares.

Existe también la energía hidráulica. Esta representa también un amplio porcentaje de las energías renovables en España, concretamente un 22%. Esta es aquella que, a partir de la energía cinética y potencial de la corriente de agua o de las mareas, genera energía eléctrica. La energía eléctrica se produce a partir de turbinas, estas transforman la energía mecánica con un generador. La siguiente imagen muestra el funcionamiento de una central hidráulica:

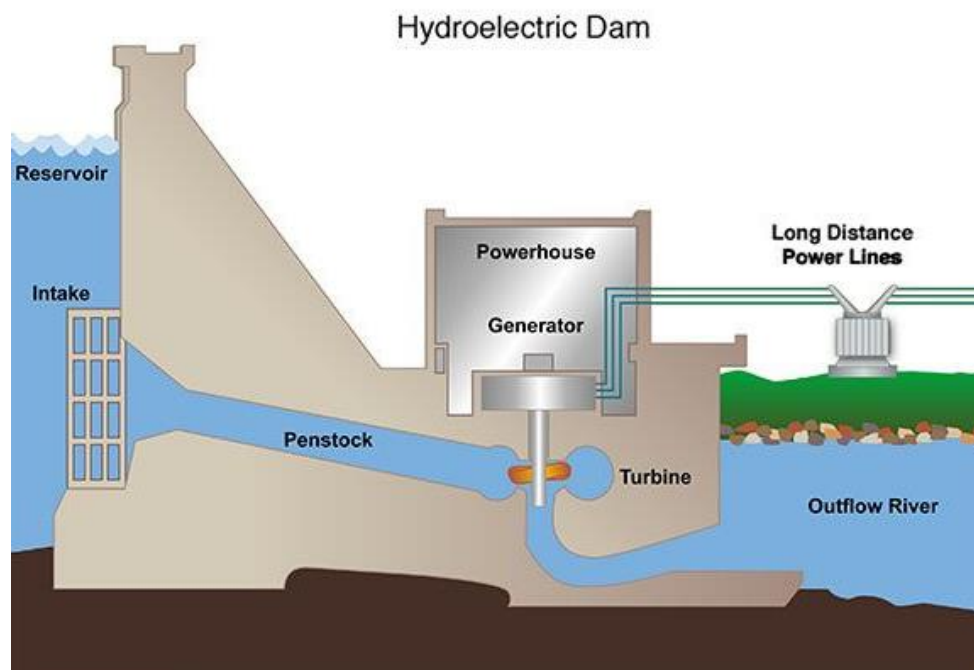


Ilustración 4: Central Hidráulica

Como vemos en este esquema para la generación de esta energía es casi siempre necesaria la construcción de una presa. Esto perjudica gravemente el ecosistema del lugar donde se construye, al provocar inundaciones y sequías de manera no natural. Por este motivo hay

que hacer un estudio exhaustivo de las consecuencias que provocaría la construcción de una central hidroeléctrica en el lugar.

Por último, otra gran fuente de energía renovable, aunque no en España, es la energía geotérmica. Se obtiene a partir del calor que proviene del interior de la tierra. Concretamente de las capas freáticas, acumulaciones de agua subterránea. En ellas se calienta el agua hasta obtener vapor, este asciende y mueve una turbina conectada a un generador. El agua vuelve a bajar tras haberse enfriado a la reserva geotérmica y empieza así de nuevo el ciclo.

La potencia actual de energía geotérmica actualmente es de 13,8 GW a nivel mundial. Se trata de una energía inagotable a escala humana. Sin embargo, es posible que puntos concretos de extracción de energía geotérmica se enfríen de manera natural o a la gran reinserción de agua fría. Esto provoca microsismos y su consiguiente fisuración.

2.2Panorama energético en España

La demanda energética mundial crece cada vez más rápido, por este motivo debemos encontrar la manera de abastecer esta necesidad sin acabar con los recursos de nuestro planeta.

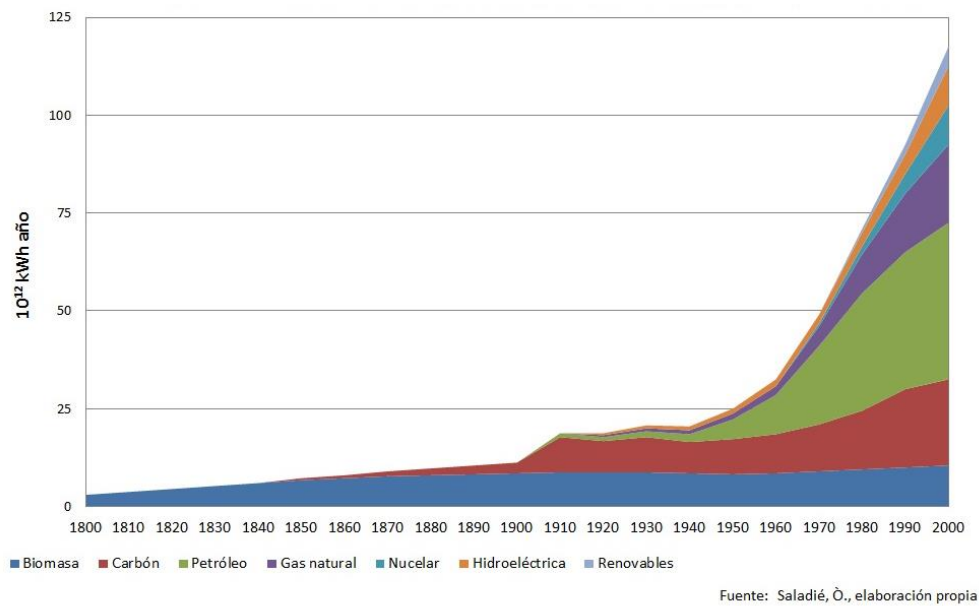


Ilustración 5: Evolución del consumo energético mundial según el tipo de fuente

Vemos que en los últimos 40 años el consumo energético ha crecido de manera abismal, y se prevé que la curva siga la misma tendencia en los años que siguen. Esto se debe principalmente al aumento exponencial de la población, así como al desarrollo de las tecnologías de generación y distribución energética.

También podemos observar que el consumo de energías renovables es muy escaso, y aparece solamente en los últimos años. Nuestro objetivo es desarrollar ese sector para que algún día pueda sustituir las fuentes de energía no renovables.

La siguiente ilustración nos muestra el panorama español del uso de energías en España en 2017:

2017

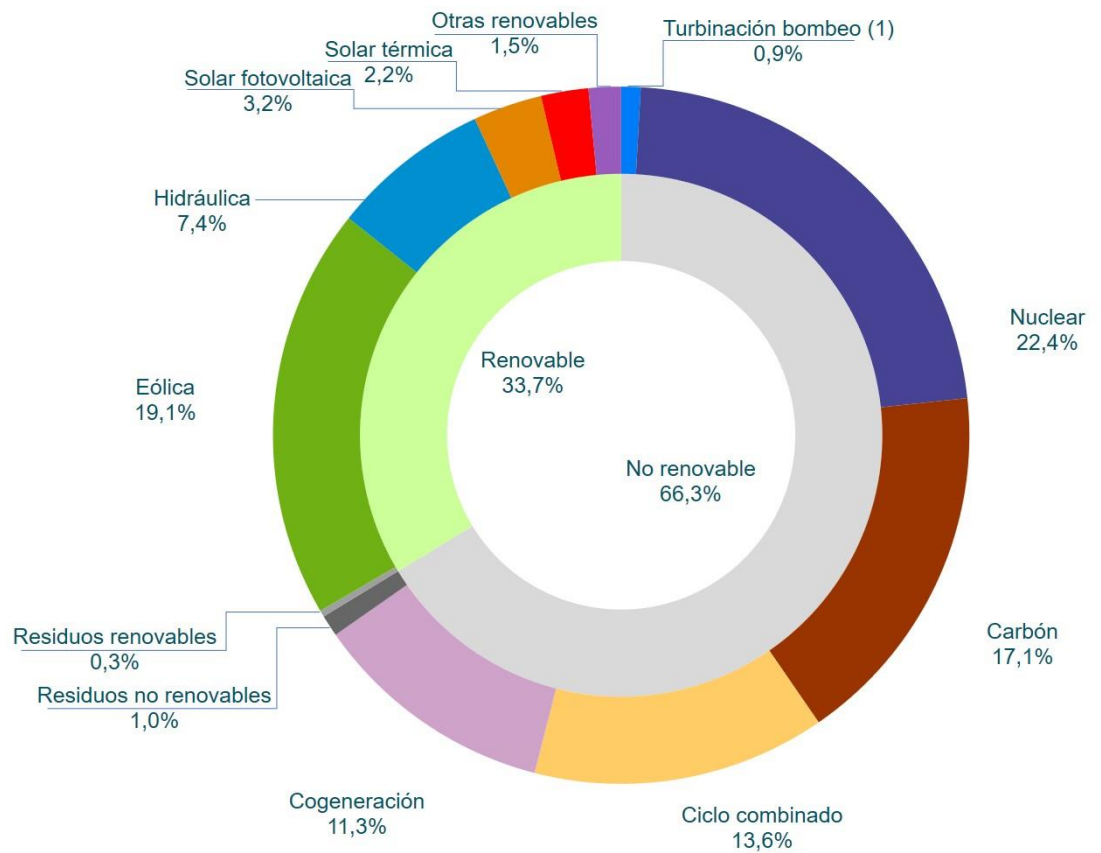


Ilustración 6: Estructura de la generación eléctrica peninsular en 2017 (FUENTE: REE, Informe del Sistema Eléctrico Español 2017, tabla de datos producción de energía eléctrica)

Observamos que el uso de energías renovables es menor que el de energías no renovables. No obstante, es bastante elevado, casi 34% de la producción total. También podemos observar que el porcentaje de energía solar fotovoltaica respecto al resto de energías es muy bajo, un 9,5% de las energías renovables. Es evidente que por el momento este tipo de energía no puede sustituir los combustibles fósiles ni la energía nuclear, pero teniendo en cuenta la alta irradiación que recibe la España podríamos decir que estamos desaprovechando un gran potencial. En la siguiente imagen se muestra un mapa de la irradiación media en España:

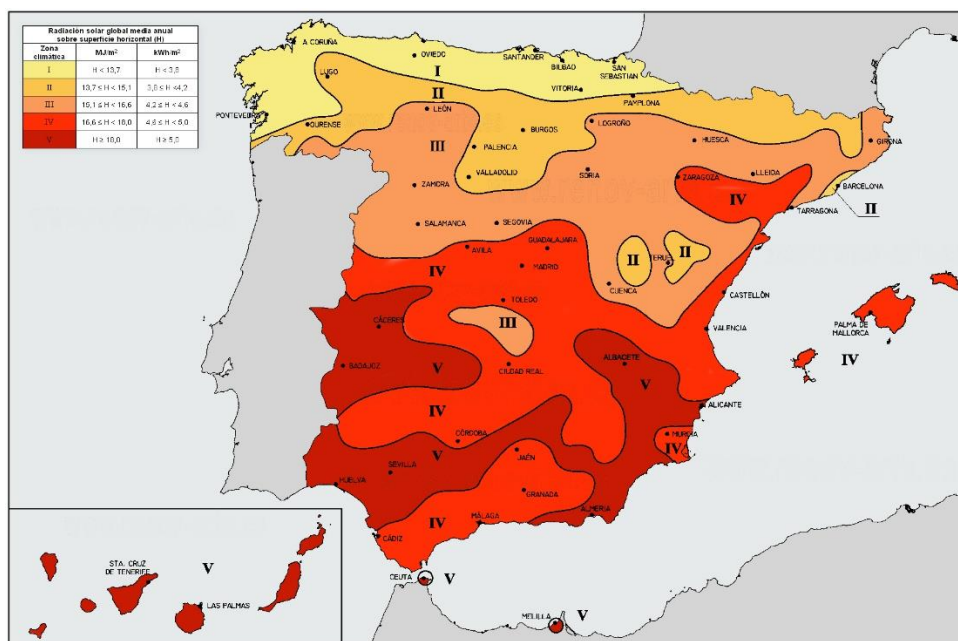


Ilustración 7: Irradiación solar media anual en España sobre superficie horizontal

Podemos ver que, sobre todo, al sur de la península se obtienen altas irradiancias. Existen ya numerosos huertos solares, pero podría y debería explotarse más este sector.

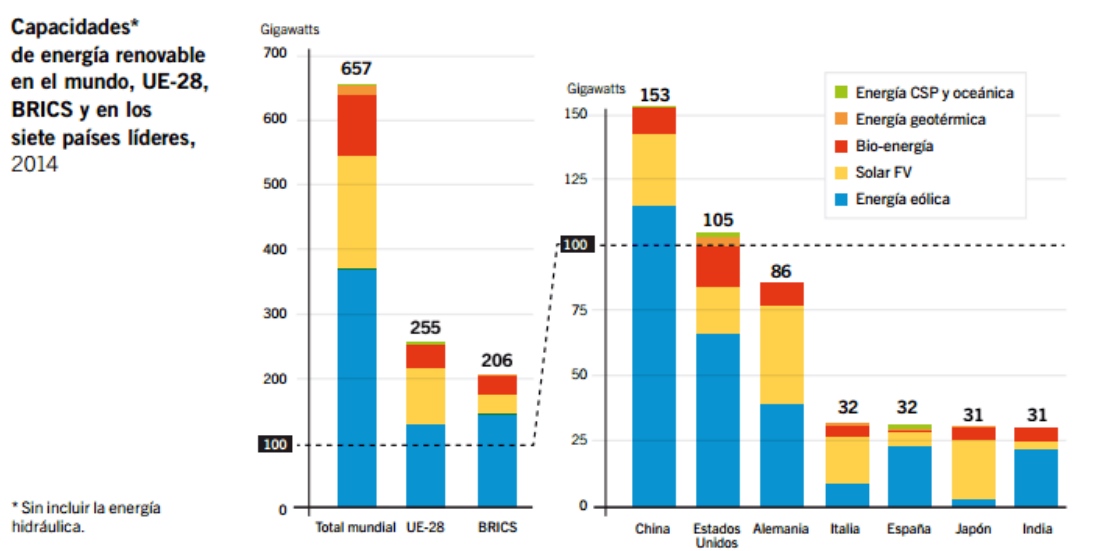
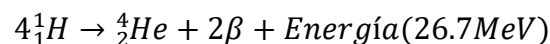


Ilustración 8: Capacidad de energía renovable en el mundo, en la UE-28, en los BRICS y en los siete países líderes.

Vemos que en España la energía eólica está muy desarrollada, tiene una capacidad de casi 25 GW, sin embargo, la energía solar fotovoltaica apenas produce 4 GW. Esto podría deberse a que la energía solar obtiene un menor rendimiento que la eólica, sin embargo, vemos que, en Alemania, un país en el que, a priori se recibe bastante menos irradiancia solar, esta energía tiene una capacidad de unos 35 GW.

2.3 Radiación solar

El Sol es la estrella que se encuentra en el centro de nuestro sistema solar. En su interior ocurre la fusión nuclear. Este fenómeno representa el 90% de la energía que genera el Sol. El combustible de esta fusión es el hidrógeno. A partir de 2 núcleos de hidrógeno y debido a las altas temperaturas y la fuerte presión se produce una pérdida de masa que se transforma en energía. La reacción producida es la siguiente:



Esta energía se transmite al exterior mediante la radiación electromagnética:

$$E = \Delta M c^2$$

Donde:

- E es la energía liberada
- \Delta M es la diferencia de masa entre 4 átomos de hidrógeno y uno de helio
- c es la velocidad de la luz

La Tierra recibe un espectro limitado de esta radiación debido al filtro que constituye la atmósfera. La atmósfera absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta e infrarroja.

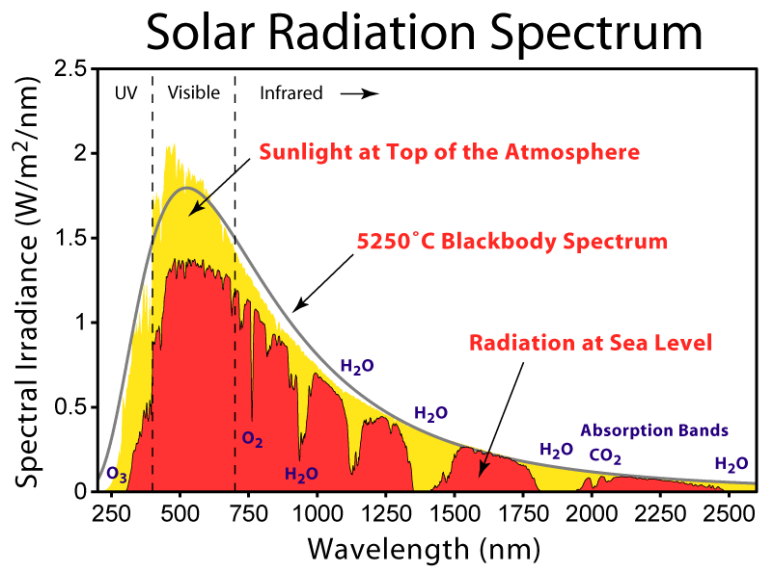


Ilustración 9: Espectro de radiación solar en la Tierra

Por otra parte, recibimos la irradiación de tres maneras diferentes como podemos observar en la siguiente ilustración:

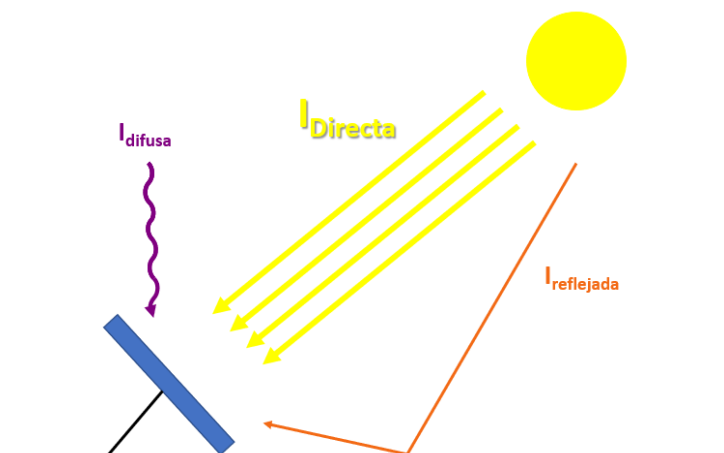


Ilustración 10: Componentes de la irradiación solar global (FUENTE: propia)

La fuente principal de irradiación corresponde a la irradiación directa. Es aquella que procede directamente del Sol. Esta se define por el ángulo acimutal que forma el Sol respecto a la Tierra y la altura solar.

También existe la irradiación reflejada. Esta procede de superficie de la Tierra. Varía en función de la reflectividad del terreno, la inclinación de este y del Sol.

Por último, distinguimos también la irradiación difusa. Es aquella que procede de cualquier otra dirección. Esta se debe a modificaciones en la trayectoria de la irradiación directa o reflejada debido a circunstancias externas. Circunstancias tales como un día nublado, partículas u objetos con los que choca, la densidad de la atmósfera, etc.

La suma de las tres es la irradiación global, I_G . Es la que reciben las placas solares fotovoltaicas.

De manera a realizar cálculos exactos sobre la energía e irradiación recibida del Sol es necesario poder determinar la posición exacta del Sol con respecto a la Tierra. Para ello utilizamos los siguientes ángulos:

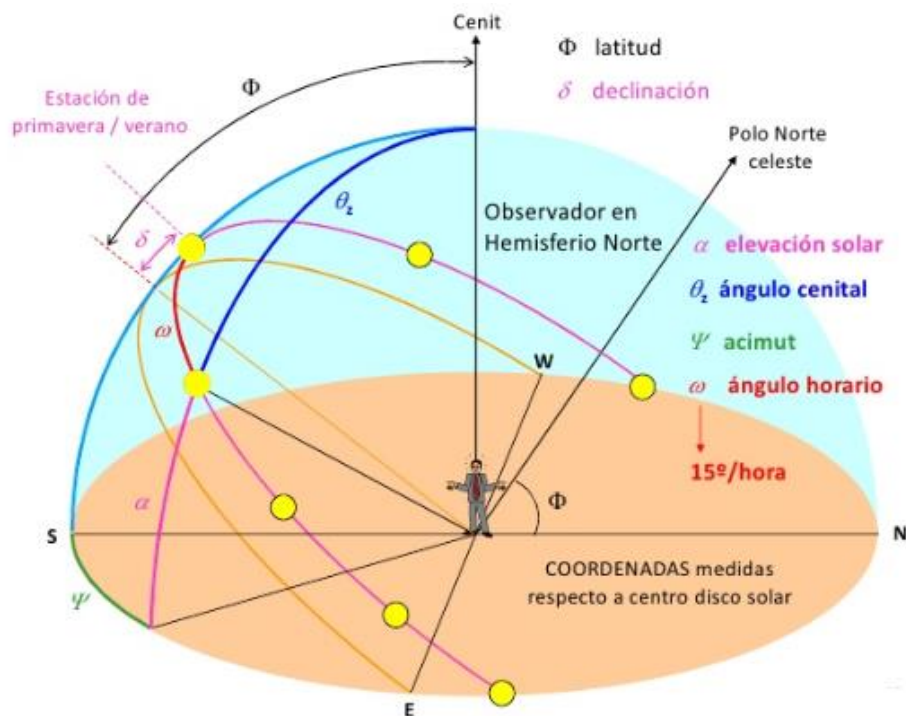


Ilustración 11: Posición solar respecto a la superficie terrestre horizontal

Declinación (δ):

Es el ángulo que se forma entre los rayos del sol y el plano ecuatorial de la Tierra. Este varía en función del día del año, alcanzando su máximo en el solsticio de verano, donde su valor es de $23,45^\circ$ y su mínimo en el solsticio de invierno, alcanzando un valor de $-23,45^\circ$. Se determina según la siguiente ecuación:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right)$$

Donde:

- δ es la declinación

- n es el día del año.

Ángulo horario (ω):

Indica el desplazamiento angular del Sol sobre el plano de la trayectoria solar. Este determina el ángulo que forma el plano definido por el eje de rotación terrestre y el Sol y aquel definido por el eje y el punto de localización. Se estima que el sol se desplaza a una velocidad de 15° por hora ($360^\circ/24h$). Cuando el Sol alcanza su cenit (12:00), el ángulo horario es igual a 0° tendrá valores negativos antes de ese punto, y positivos después. De manera que la expresión para determinarlo es la siguiente:

$$\omega = 15(h - 12)$$

Donde:

- ω es el ángulo horario

- h es la hora solar, es igual a 12:00, representa la hora en la que el sol se encuentra al sur

Latitud (ϕ):

Se trata de la distancia angular que forma la línea horizontal del ecuador con cualquier punto de la tierra. Dependiendo del hemisferio los valores serán positivos o negativos. Corresponden al hemisferio norte unos valores positivos entre 0° y 90° y al hemisferio sur valores negativos entre 0° y -90° .

A partir de estos 3 ángulos podemos determinar la altura solar (α) y el ángulo acimutal (γ).

Altura Solar (α):

Se trata del ángulo entre la horizontal y la línea que une el observador al Sol. Tiene la siguiente expresión:

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega)$$

Ángulo Acimutal (γ):

Es el ángulo formado por la dirección Sur y la proyección de la línea que une al observador y al Sol sobre la superficie terrestre. Se obtiene de la siguiente manera:

$$\gamma = \sin^{-1}\left(\frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha}\right)$$

2.4 Efecto fotoeléctrico

La energía solar fotovoltaica es una energía eléctrica producida a partir de la irradiación solar por el efecto fotoeléctrico. Se trata de una energía renovable inagotable, a escala humana, puesto que proviene del Sol.

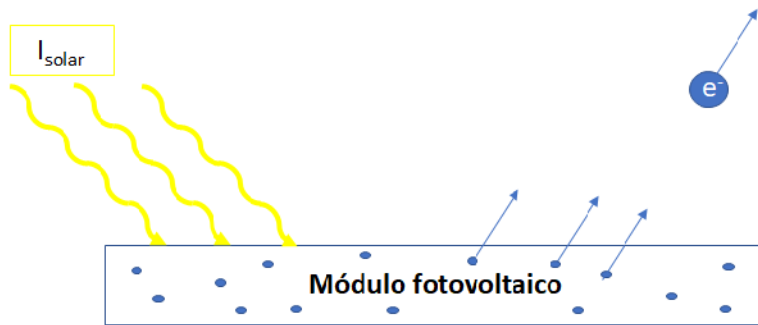


Ilustración 12: Efecto fotoeléctrico (FUENTE: propia)

Como podemos observar en la ilustración 1, el principio del efecto fotoeléctrico consiste en la liberación de electrones de un material semiconductor a partir de la radiación solar, lo cual provoca una corriente continua.

Por la radiación solar, los fotones inciden en el material fotoeléctrico. Los fotones poseen una energía determinada por su frecuencia. Esta es absorbida por el electrón lo que le permite liberarse del átomo y contribuye a la energía cinética del electrón como una partícula libre.

Este efecto fue detectado por Heinrich Hertz en 1887, al observar que al aumentar la frecuencia de la luz aumentaba proporcionalmente la energía cinética de los electrones. Esto sucedía con cada metal utilizado en los experimentos.

Sin embargo, este fenómeno no seguía el modelo ondulatorio de la radiación electromagnética de Maxwell, no fue entendido hasta 1905 cuando Albert Einstein publicó el artículo “*Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz*”. En este artículo se describía la existencia de un cuanto

luminoso, el fotón. La energía se intercambiada de manera discreta en vez de continua entre un fotón y un electrón. Determinó que la energía de un fotón era:

$$E_{fotón} = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Donde:

E: energía asociada a la radiación solar

h: constante de Planck ($6,26 \cdot 10^{-34}$ Js)

f: frecuencia

c: velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s)

λ : longitud de onda.

Por lo tanto, la energía cinética generada por el electrón al interactuar con el fotón sería:

$$E_{k_{max}} = E_{fotón} - \phi_v = hf - \phi_v$$

Donde:

$E_{k_{max}}$: energía cinética de los electrones

ϕ_v : trabajo de extracción del electrón de la superficie del material.

2.5 Materiales semiconductores

A la hora de generar una corriente eléctrica nos interesa que el trabajo de extracción del electrón sea lo más bajo posible. Y para ello se utilizan materiales semiconductores con una banda gap lo más baja posible.

Un material semiconductor es aquel que tiene una conductividad eléctrica intermedia entre los materiales conductores y los aislantes. El semiconductor óptimo tiene 4 electrones de valencia, como es el caso del silicio o el germanio.

Los átomos de silicio se unen para formar el cristal de silicio. Lo hacen generando una estructura ordenada, de manera que cada átomo comparte sus electrones con el átomo de silicio vecino. De esta manera suman un total de 8 electrones de valencia en su órbita.

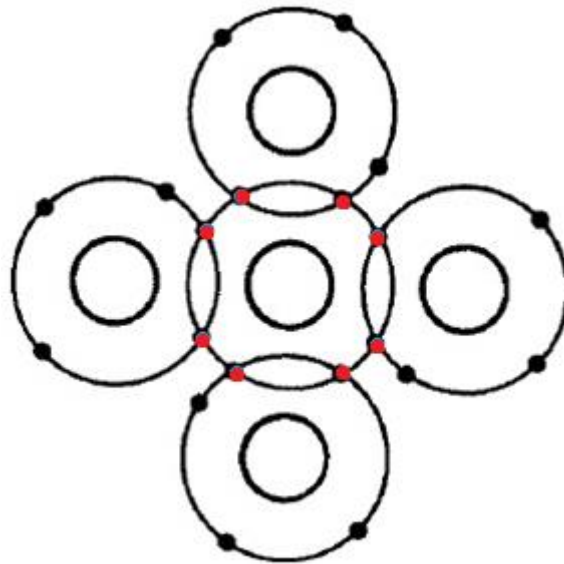


Ilustración 13: Configuración cristal de silicio (FUENTE: propia)

La energía gap corresponde a un rango de energía donde el electrón no puede permanecer. Se trata de la energía que requiere un electrón para pasar de ser un electrón de valencia a ser un electrón conductor de energía.

Los aislantes poseen una banda gap muy amplia (generalmente superior a 4eV) mientras que los materiales conductores una muy estrecha o nula. El principal interés de los materiales semiconductores reside en que tienen una banda gap pequeña pero diferente de cero. Lo que les permite ser materiales aislantes hasta que, por un factor externo, los electrones se exciten y se convierta en un material conductor. Al excitarse, los electrones saltan de la banda de valencia a la banda de conducción, dejando un hueco en la primera. La energía gap requerida por el silicio para realizar este salto es de 1,1eV mientras que la del germanio es de 0,67eV.

La concentración de electrones y huecos es constante, se llama “n” la concentración de electrones (carga **n**egativa) y “p” la concentración de huecos (carga **p**ositiva). Esto da lugar a los semiconductores p-n utilizados en las células fotovoltaicas.

Los electrones tienden a concentrarse en la zona de la placa donde incide la luz, por lo que generará un campo eléctrico. Donde el lado positivo corresponde a la acumulación de electrones y el lado positivo a la acumulación de huecos. Al conectar estas dos zonas se forma un diferencial de potencial, de manera que crea una corriente eléctrica para igualar las cargas. Se trata de una corriente continua.

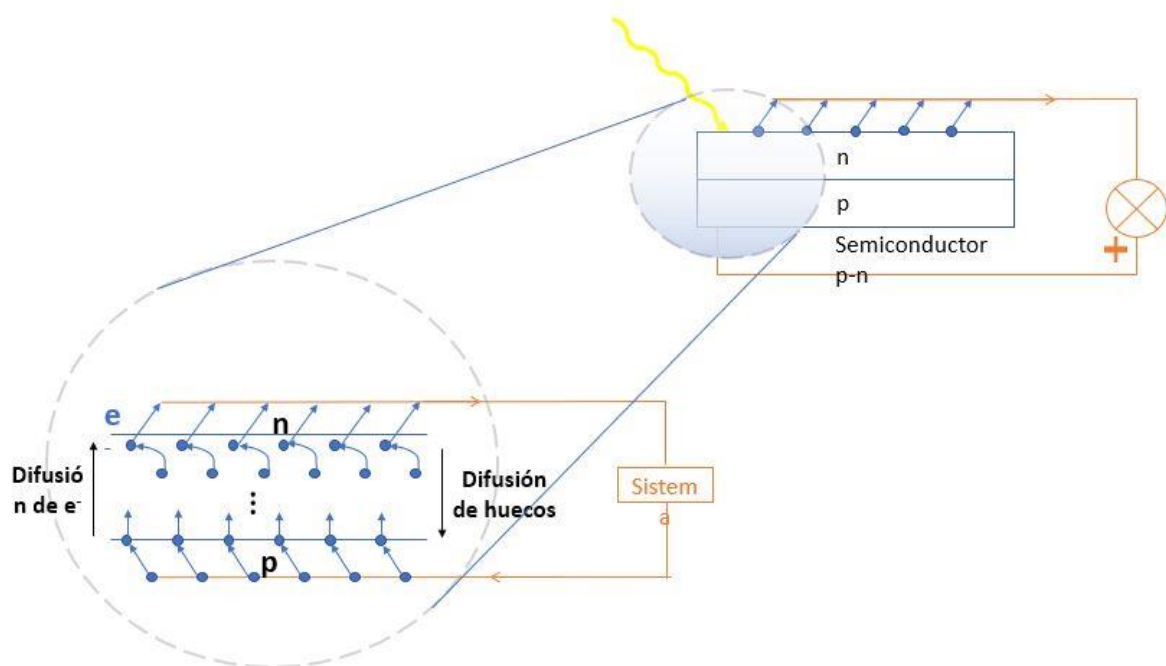


Ilustración 14: Efecto fotoeléctrico en un material semiconductor (FUENTE: propia)

2.6 Paneles Solares Fotovoltaicos

La célula fotovoltaica, celda fotovoltaica, fotocélula o célula fotoeléctrica, es un dispositivo electrónico que, mediante el efecto fotoeléctrico descrito en el apartado anterior transforma la energía luminosa, en energía eléctrica. Está compuesta por un material semiconductor por lo que produce una corriente continua. Si se requiere corriente

alterna u aumento de su tensión se utiliza también un inversor o un convertidor de potencia. La vida útil de una celda fotovoltaica es de unos 25 años a máximo rendimiento.

Para generar el campo eléctrico las celdas se componen en la capa superior de silicio dopado de tipo n. De esta manera el número de electrones libres es mayor que el de una capa de silicio puro. Por otra parte, la capa inferior de la celda se compone de silicio dopado de tipo p, la cual contiene una cantidad media de electrones libres que una de silicio puro.

Un conjunto de células fotovoltaicas forma un módulo si se conectan en serie en o paralelo. El rendimiento de los módulos se debe considerar el rendimiento de las células que lo componen además de las pérdidas provocadas por las conexiones entre celdas. Estas pérdidas se conocen como Pérdidas de mismatch o conexionado, se estiman en un 3% del total.

Existen tres tipos de módulos fotovoltaicos. Estos se diferencian por su diferente manera de fabricación y a cada uno se le atribuyen características y rendimientos diferentes.

En primer lugar, existen las células de silicio monocristalino. Como su nombre indica, el silicio fundido se solidifica en un único cristal de grandes dimensiones. Se obtiene a partir de silicio puro fundido y dopado con boro. Estas células son generalmente azul homogéneo. Tienen un buen rendimiento directo, entre 15% y 18% (24% en laboratorio). Sin embargo, el principal inconveniente es el coste elevado.



Ilustración 15: Célula de silicio monocristalino

En segundo lugar, las celdas policristalinas. Estas se parecen al las monocristalinas, solo que se enfrían en un molde y se disminuye el número de fases de cristalización de manera que se forman varios cristales. La superficie de la fotocélula está estructurada en cristales que poseen diferentes tonos de azul. Tienen un rendimiento directo de entre 12% y 14% (20% en el laboratorio) y es más barato que el monocristalino.

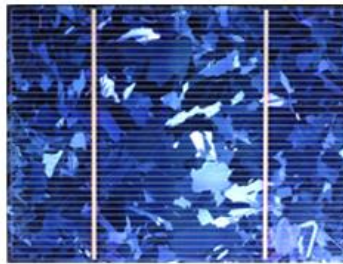


Ilustración 16: Célula de silicio policristalino

Por último, la célula de silicio amorfo. Se obtiene cuando el silicio no se cristaliza, al transformarse produce un gas que se deposita en forma de lámina delgada sobre un vidrio o un plástico. La celda tiene un color homogéneo marrón grisáceo. Fueron las primeras células en ser manufacturadas, se utilizan en las calculadoras y relojes digitales solares. Su rendimiento directo es inferior a 10% (16% en el laboratorio). Como ventaja se puede destacar que es poco costoso, se integra en una superficie flexible. Sin embargo, tiene un rendimiento demasiado bajo.

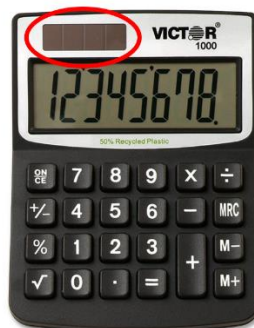


Ilustración 17: Ejemplo de uso de célula de silicio amorfo

Una vez diferenciados las diferentes técnicas de fabricación, procedemos a definir sus características eléctricas.

Los factores que van a influir en las condiciones de funcionamiento de la célula y en la potencia generada son la irradiación recibida, I , la temperatura de la célula, T y la temperatura ambiente T_a .

Antes de nada, la corriente de circuito abierto I_{CC} , es la intensidad máxima de la célula, cuando las capas p y n de la placa están directamente unidas. Por otra parte, la tensión en circuito abierto, V_{CA} , es la tensión máxima de la célula, se obtiene cuando la placa recibe irradiación sin estar conectadas sus capas p y n.

Según las condiciones estándar de medida (CEM), se considera potencia máxima de la célula, P_{max} , aquella en la que la temperatura de la célula es de 25°C , la irradiancia es de $100\text{W}/\text{m}^2$ y la masa de aire espectral es de 1,5.

Aunque este es el estándar, en la realidad la irradiancia y la temperatura varían enormemente. Provocando diferentes efectos:

Efecto de la irradiancia:

A continuación, se observa el esquema de una placa en la que la temperatura de la celda es constante y solamente varía la irradiación que recibe:

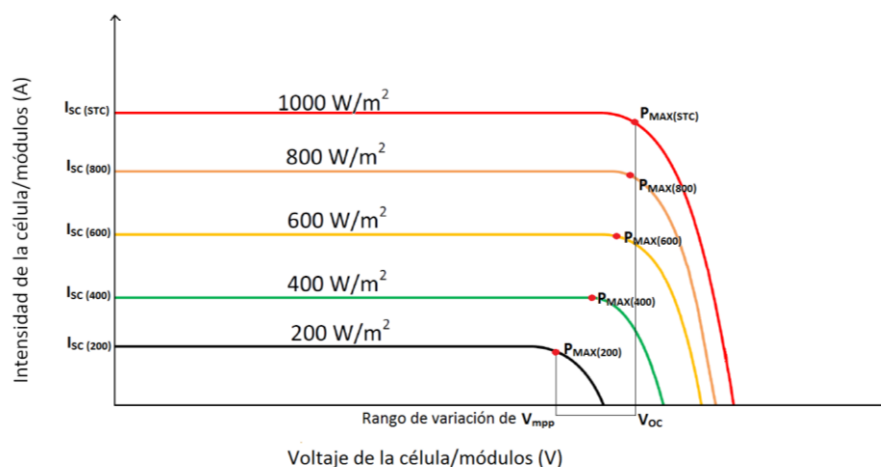


Ilustración 18: Efecto de la irradiancia

Como podemos ver en esta curva característica, la intensidad varía de manera directamente proporcional con la irradiación. Cuando aumenta la irradiación, la intensidad también. Por otra parte, se considera que la variación de la tensión es muy baja.

Se puede calcular la intensidad que se recibe con la siguiente expresión:

$$I_{CC(I_m)} = I \cdot \frac{I_{CC(CEM)}}{1000}$$

Donde:

$I_{CC(G)}$: Intensidad del circuito para una irradiación I (A)

$I_{CC(CEM)}$: Intensidad de cortocircuito en condiciones CEM (A)

I : Irradiación (W/m^2)

Efecto de la temperatura:

A continuación, se observa el esquema de una placa en la que la irradiancia recibida es constante y únicamente varía la temperatura de la celda:

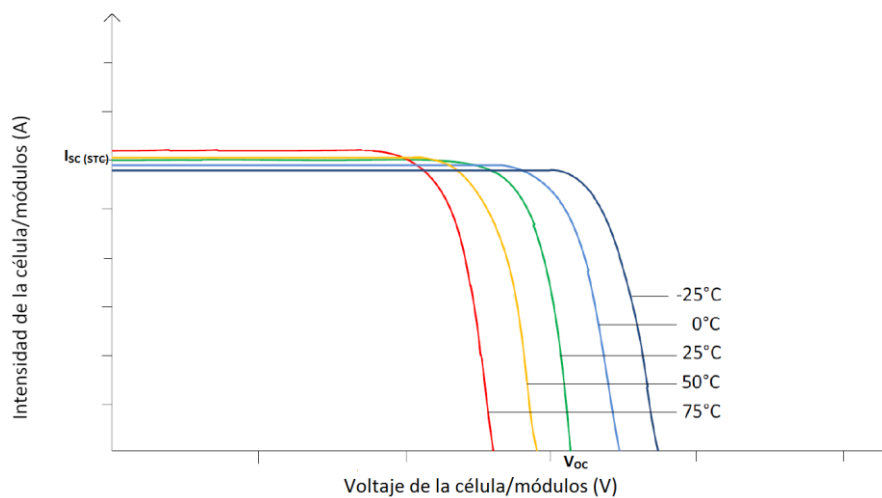


Ilustración 19: Efecto de la temperatura de la celda

En este caso se observa que, con el aumento de la temperatura de la celda, la tensión de circuito abierto disminuye. La intensidad aumenta ligeramente con el aumento de la temperatura, casi se puede considerar constante.

Por otra parte, la temperatura de la celda se expresa en función de la temperatura ambiente y de la irradiación que recibe:

$$T_{celda} = T_{amb} + I \cdot \frac{T_{nom} - 20}{800}$$

Donde:

T_{celda} : Temperatura de la celda (°C)

T_{amb} : Temperatura ambiente (°C)

T_{nom} : Temperatura de operación de la célula (°C)

I : Irradiancia (W/m²)

La temperatura nominal depende de cada panel, su valor aparece en las hojas de características, suele estar comprendido entre 43°C y 49°C, corresponde a la temperatura obtenida a temperatura ambiente de 20°C y recibiendo una irradiación de 800W/m²

Sabiendo que el aumento de la temperatura de las placas implica una disminución de la tensión, el objetivo es evitar un sobrecalentamiento de estas. Al depender la temperatura de las placas de la temperatura ambiente y de la irradiación es importante mantener las placas en un sitio ventilado. Puesto que sí que nos interesa una irradiación elevada.

2.7 Conexión de los módulos fotovoltaicos

Todos los módulos del sistema deben estar conectados por lo que el objetivo es reducir al mínimo el impacto que tendría un posible fallo de uno de los módulos o simplemente un módulo sombreado.

En primer lugar, los paneles se pueden conectar en serie o en paralelo, un exceso de cableado conlleva pérdidas por conexiones, hablamos de un 3%-5% sin embargo, si los modelos están en serie, una célula en sombra o defectuosa afecta mucho al módulo. La solución óptima es combinar paneles en serie y en paralelo.

Por otra parte, una forma de reducir el carácter resistivo de un módulo sombreado o defectuosos es el uso de diodos.

Se denomina diodo de paso a aquel que se coloca en paralelo con el panel fotovoltaico. En el momento en el que uno de los módulos actúa como defectuoso, este absorbe la corriente de los demás paneles reduciendo enormemente la potencia generada. Con el diodo, la mayor parte de la corriente pasará a través de él puesto que tiene una resistencia más baja.

También se utilizan diodos antirretorno. El principio de funcionamiento es el mismo que el anterior. La diferencia es que este se coloca al final de un ramal de paneles conectados en serie de manera a no afectar a los demás ramales.

Por último, se utilizan diodos de bloqueo. Impide la corriente de retorno al array de paneles.

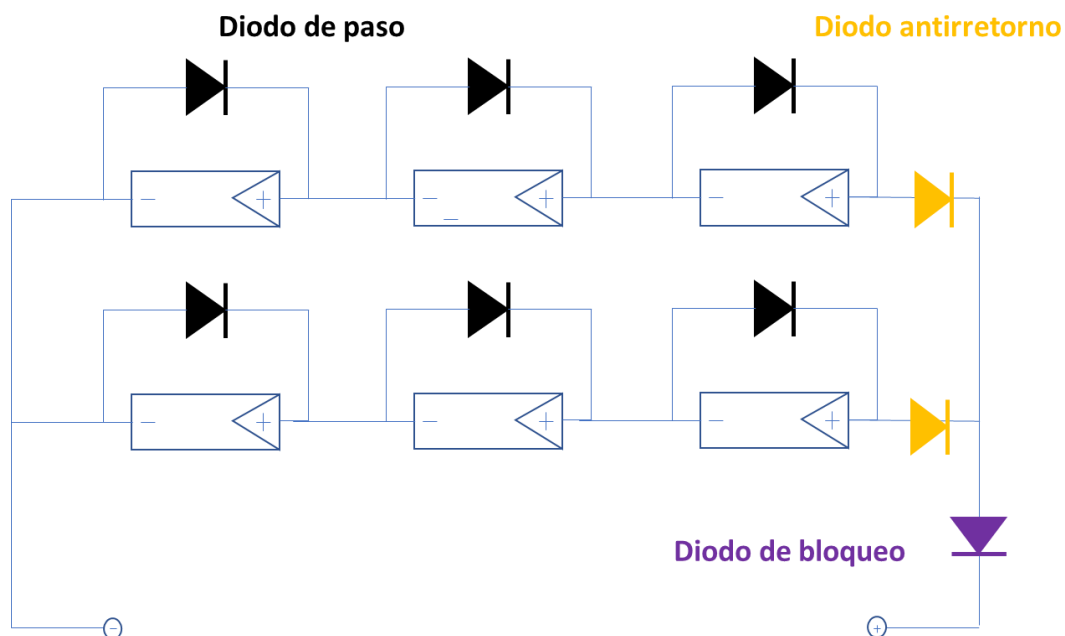


Ilustración 20: Esquema de posición de los diodos (FUENTE: propia)

2.8 Instalaciones Fotovoltaicas

Existen dos grandes esquemas de producción de energía fotovoltaica. Diferenciamos las instalaciones aisladas de las instalaciones conectadas a la red eléctrica.

Las instalaciones fotovoltaicas aisladas, forman un sistema de generación de energía que proporciona electricidad directamente al propietario, sin conectarse a la red eléctrica. Requieren de un dispositivo de almacenamiento de energía tal que acumuladores, de manera que se pueda aprovechar la energía solar todo el día. Si no solo se podría utilizar durante las horas de sol

Este sistema se suele emplear para gastos energéticos bajos, tales como los de una vivienda o un edificio. En los que no es rentable conectarlos a la red eléctrica.

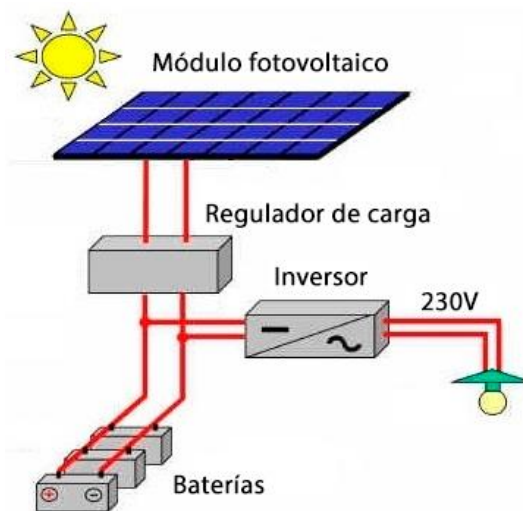


Ilustración 21: Esquema de instalación fotovoltaica aislada (FUENTE: Revolosar shop)

Esta es la configuración que poseen los sistemas aislados. En el siguiente apartado (2.9) se comentará la función de cada componente del sistema.

Por otra parte, están los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR). Se trata de un sistema en el que los módulos fotovoltaicos producen energía de manera que esta, se inyecta directamente en la red eléctrica convencional. Esto ocurre, o bien, cuando existe

un excedente de energía en el consumo local o bien, de manera sistemática. Existen los denominados “huertos solares” que se dedican en exclusiva a generar energía para inyectarla en la red y generar beneficios.

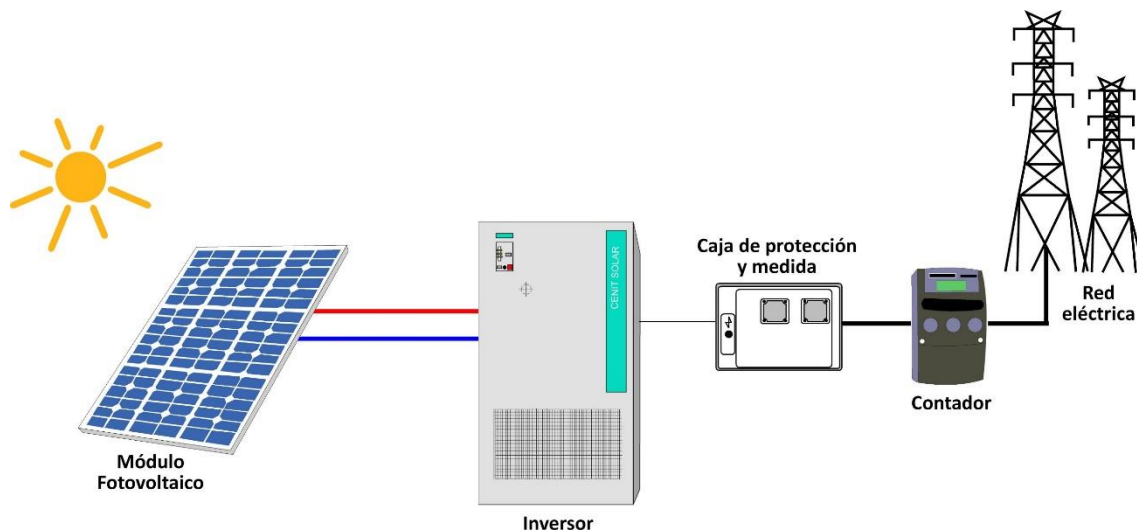


Ilustración 22: Esquema de instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica (FUENTE: Cenit solar)

Esta es la configuración que poseen los sistemas conectados a la red. En el siguiente apartado (2.9) se comentará la función de cada componente del sistema.

2.9 Componentes de los sistemas fotovoltaicos

Como hemos visto en el apartado anterior (2.8), a parte de los paneles solares, existen otros componentes que forman una instalación fotovoltaica.

2.9.1 Estructura:

Los paneles han de estar apoyados en una estructura. En función de la complejidad de esta obtendremos una eficacia mayor o menor de la instalación. Esto se debe a la opción de implantar en dichas estructuras un dispositivo de seguimiento solar.

La orientación de los paneles es de suma importancia a la hora de diseñar una instalación. Con el ángulo óptimo se consigue la mayor potencia energética. De esta forma, los sistemas de seguimiento están diseñados para posicionar los paneles en el ángulo óptimo el mayor tiempo posible durante las horas de sol.

Existen cuatro modalidades básicas. En primer lugar, una estructura fija. Esta se suele colocar con orientación Sur para obtener el máximo de horas de luz. La inclinación del panel debe corresponder con la latitud en la que se encuentra la instalación, sin embargo, debido a que la inclinación de la tierra varía en función del año se suele colocar con una inclinación favorable en invierno, a pesar de perder un poco de potencia en verano.

Otra modalidad corresponde al seguimiento azimutal. Este se basa en un único eje de rotación. La superficie gira sobre un eje vertical para que el panel permanezca orientado al Sol y manteniendo la inclinación. Este sistema permite recibir entre un 10% y un 20% más de irradiación que las instalaciones fijas.

De la misma manera, existe también el seguimiento sobre un eje horizontal. Este permite que el panel varíe de inclinación, pero no permite el giro. Este sistema implica un incremento de 15% de eficacia respecto de las instalaciones fijas

Por último, el sistema de seguimiento a dos ejes. Se trata de una combinación de los sistemas anteriores. Con dos ejes es posible mantener siempre el panel perpendicular a los rayos solares. Se trata sin duda del modelo más eficaz, permite un incremento de la producción de entre 30% y 40%. Se trata también del modelo más costoso.

2.9.2 Regulador:

El regulador de carga es el instrumento que se utiliza para proteger las baterías de una sobrecarga de tensión. En caso de sobrecarga, el regulador desconecta los paneles de la batería

Su función es regular la carga de las baterías, de modo a realizar un llenado óptimo de estas y alargar su vida útil. Hay tres fases de carga:

En primer lugar, la fase Bulk es aquella en la que la batería esta completamente descargada y el regulador le transmite toda la corriente producida por el campo fotovoltaico. De esta manera la tensión de la batería va aumentando.

A continuación, esta la fase de absorción. Cuando las baterías alcanzan la tensión de absorción (variable en función de la batería), el regulador mantiene estable la tensión por debajo de este valor y va reduciendo la corriente.

Finalmente se alcanza la fase de flotación. Cuando las baterías alcanzan su nivel de consigna, el regulador permite circular una corriente mínima para mantener la batería cargada completamente. Esta corriente se denomina corriente de flotación. La energía que se genera mayor al nivel de consigna se pierde por efecto Joule. De esta manera es como protege la batería de sobrecargas.

Por otro lado, el regulador también evita que la batería se descargue del todo por la noche, por inversión de corriente.

Existen dos tipos de reguladores, los reguladores de carga solares, los reguladores PWM, (Modulación por anchura de banda) y los reguladores MPPT (Seguidor del punto de máxima potencia).

En los reguladores PWM la energía que entra y que sale es la misma, al igual que la tensión y la corriente, son los módulos los que trabajan a una potencia menor que su máxima potencia, concretamente trabajan la potencia impuesta por el regulador, según el estado de carga de la batería. Se produce una pérdida de potencia entre 25% y 30%.

En los reguladores MPPT la energía también es la misma en la entrada y la salida, sin embargo, la tensión y la corriente varían de manera a poder aumentar la producción solar hasta un 30% respecto a los reguladores PWM. Al elevar las tensiones, se reducen las pérdidas energéticas de manera que estos reguladores son los más óptimos en una instalación con una potencia elevada.

2.9.3 Baterías:

Debido a que no todo el consumo de electricidad se produce durante las horas de luz y dado al origen variable de la energía solar es necesario almacenar la energía generada en una instalación fotovoltaica aislada.

Existe una gran oferta de sistemas de acumulación de energía, sin embargo, los más extendidos son las baterías. Una batería está construida por una serie de elementos electroquímicos, que convierten mediante una reacción, energía química en eléctrica.

Diferenciamos dos tipos de baterías:

La batería primaria es aquella en la que la reacción es irreversible, solo tienen un uso. No requieren carga inicial y suministran energía eléctrica directamente.

Se denominan comúnmente pilas:



Ilustración 23: Batería primaria

Las baterías secundarias son aquellas en las que la reacción química es reversible, tienen la capacidad de recargar el elemento reactivo, transformando energía eléctrica en química. Esta categoría engloba todos los acumuladores, también necesitan una primera carga para empezar a funcionar.

Las más comunes son las baterías de plomo-ácido y las de níquel-cadmio. El funcionamiento de las baterías reside en reacciones de oxidorreducción. En uno de los electrodos se libera un electrón y en el otro se libera. Este intercambio se realiza en un

circuito exterior al sistema químico, un electrolito, este posibilita el movimiento iónico. De este modo se crea una corriente eléctrica continua.

Las baterías de almacenamiento de energía solar están constantemente sometiéndose a largos procesos de carga y descarga, por eso es importante que tengan la mínima auto descarga posible.

La profundidad de descarga en una batería es un factor que indica cuanto se puede descargar una batería sin afectar a su capacidad ni a su vida útil. Cuanto más elevado sea este porcentaje más eficiente es la batería.

Otro factor determinante en el correcto funcionamiento de las baterías es la temperatura. Estar sometidas a altas temperaturas reduce la vida útil de las baterías. Por eso es importante, en una instalación fotovoltaica que estas se encuentren protegidas del sol y en un lugar con ventilación. Según el Pliego de Condiciones Técnicas también deben situarse en un lugar con acceso restringido

2.9.4 Inversor

Se trata de un dispositivo electrónico capaz de convertir corriente continua en corriente alterna. En las instalaciones solares es muy común su uso, debido que la corriente generada por los paneles es corriente continua y que las aplicaciones de esta energía suelen requerir corriente alterna (red eléctrica, edificios, bombeo hidráulico, etc.)

El funcionamiento del inversor se basa en una serie de transistores que cortan la corriente continua que reciben cada segundo produciendo impulsos alternativos que simulan las características de una corriente alterna.

Son capaces de generar una onda cuadrada, modificada, senoidal y sinusoidal. Para las instalaciones fotovoltaicas aisladas se suele utilizar un sistema senoidal puro puesto que permite la alimentación directa de cualquier aparato de consumo.

2.10 Marco Regulator

Cuando se va a llevar a cabo un proyecto de instalación fotovoltaica es muy importante conocer la legislación y normativa fotovoltaica vigente. En el caso de una instalación fotovoltaica aislada hay que tener en cuenta las normativas siguientes:

(FUENTE:

http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/grupos_investigacion/gsep/auditorias_fotovoltai cas/Legislaci%F3n_fotovoltai ca)

- **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión** (RD 842/2002), ver las Instrucciones Complementarias, ITC 40 y la Nota de Interpretación Técnica de la equivalencia de la separación Galvánica de la Conexión de Instalaciones generadoras en Baja Tensión
- **Código Técnico de la Edificación** (RD 314/2006)
- **Real Decreto 647/2011**, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética
- **Real Decreto 1544/2011** sobre tarifas de acceso a productores, en régimen ordinario y especial
- **Real Decreto 661/2007**, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Orden IET/3586/2011**, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial
- **Real Decreto-ley 1/2012**, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía

eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos

- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico
- **Real Decreto-ley 2/2013**, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero
- **Orden IET/221/2013**, de 14 de febrero, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial
- **Orden HAP/703/2013**, de 29 de abril, por la que se aprueba el modelo 583 «Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica. Autoliquidación y Pagos Fraccionados», y se establece la forma y procedimiento para su presentación

3. DIMENSIONADO SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1 Características de la ubicación:

Garrucha es un municipio de la provincia de Almería en España. Se encuentra en la costa y tiene únicamente una escuela secundaria cuyas coordenadas son las siguientes:
37°11'07.3"N 1°49'28.9"W



Ilustración 24: Municipio de Garrucha en la provincia de Almería (FUENTE: Instituto de estadística y cartografía de Andalucía)

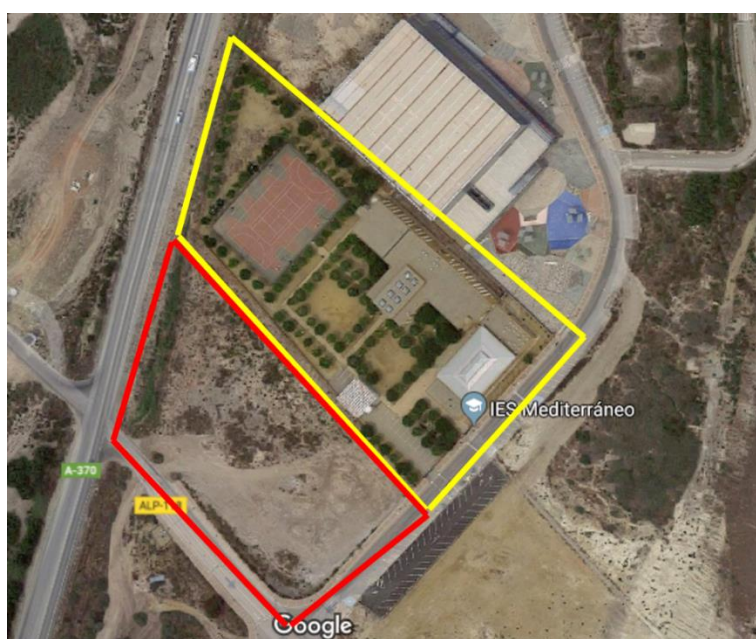


Ilustración 25: Localización del Instituto de Educación Secundaria Mediterráneo y de un solar en Garrucha (FUENTE: Google maps)

En la imagen anterior podemos ver en amarillo el instituto y en rojo el solar en el que instalaremos las placas.



Ilustración 26: Vista del solar (FUENTE: Google maps)

En la imagen vemos que se trata de una superficie plana y no existen obstáculos a su alrededor. Al fondo se encuentra el instituto.

Por otra parte, la figura a continuación muestra los datos de irradiancia solar para la provincia de Almería:

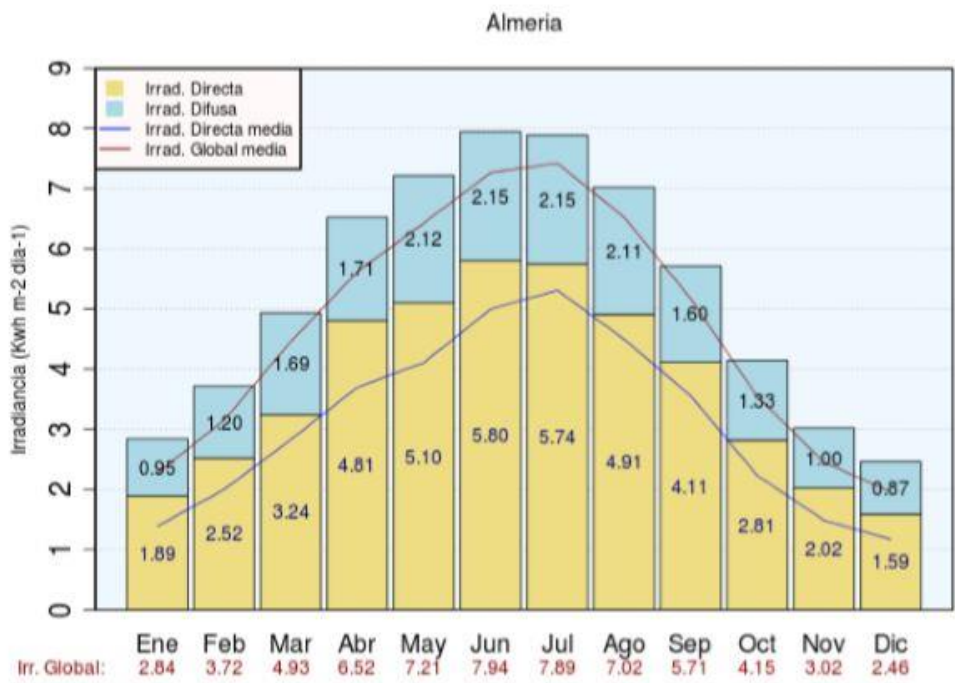


Ilustración 27: Irradiancia Global, Directa y Difusa en Almería (FUENTE: Atlas de radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT)

3.2 Demanda energética:

En una escuela secundaria existen principalmente cuatro tipos de gastos energéticos. Gastos de iluminación, climatización, producción de agua caliente sanitaria y en equipos tecnológicos.

Elementos	Potencia consumida anual (kWh)	Potencia consumida diaria (Wh/día)
Iluminación	13870	38000
Climatización	9502	26033
Equipos	11364	31134
Producción ACS	1512	4142
TOTAL	36248 kWh/año	99309 Wh/día

Tabla 1: Demanda de energía diaria (FUENTE: propia)

Estos datos fueron facilitados por el instituto.

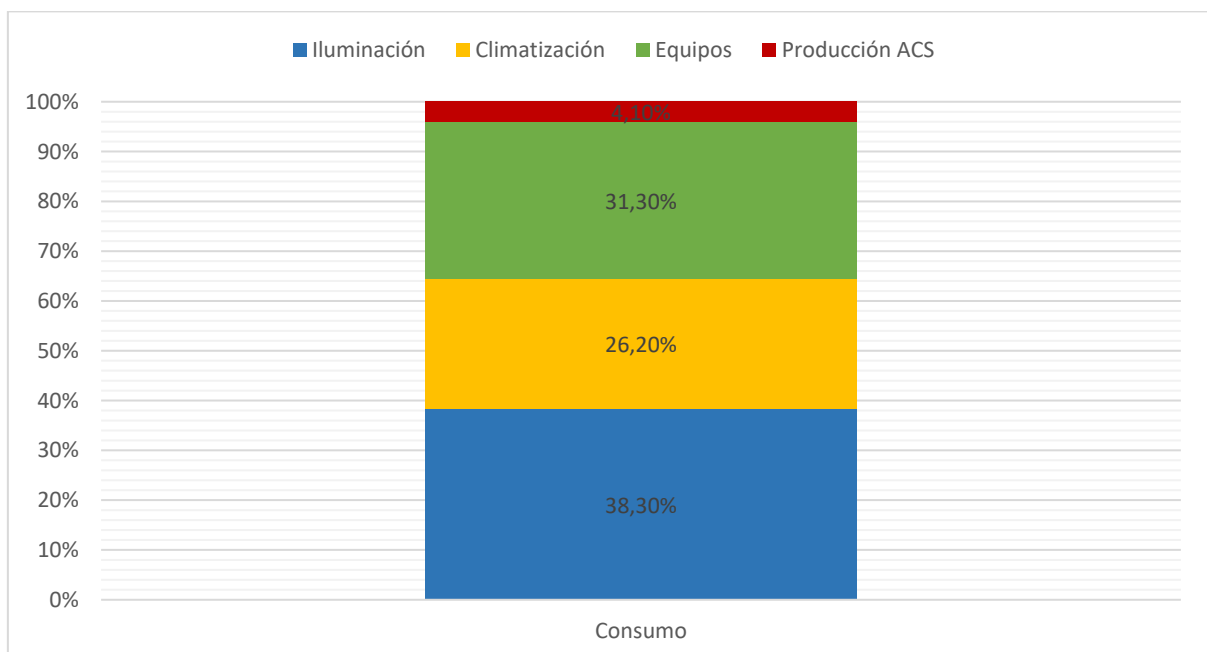


Ilustración 28: Distribución del consumo eléctrico por usos (FUENTE: propia)

Luego nuestro consumo diario: $E_D=99309\text{Wh/día}$

Una vez obtenido el consumo total de nuestra instalación podemos definir el voltaje nominal de esta. Se trata del voltaje que definirá el modelado de todos los equipos del sistema: el número de y características de las baterías, los reguladores, los inversores y los módulos.

Los valores típicos que adopta este voltaje son los siguientes:

-12V para sistemas $E_D < 500\text{W}$

-24V para sistemas con $500\text{W} < E_D < 3000\text{W}$

-48V para sistemas con $E_D > 3000\text{W}$

Por lo tanto, nuestra instalación tendrá un voltaje nominal de $V_{\text{NOM}}=48\text{V}$

3.3 Orientación e inclinación óptimas de los módulos fotovoltaicos:

Antes de nada, debemos diferenciar entre el ángulo que determina la inclinación del panel (β) y el ángulo acimut (α) que determina la orientación de este.

El ángulo β es el ángulo que forma la superficie plana del panel solar respecto a la horizontal, varía entre 0° y 90° .

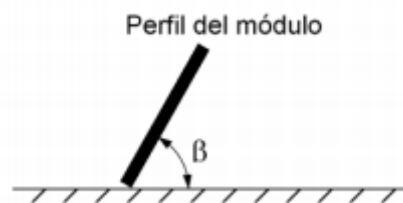


Ilustración 29: Esquema del ángulo de inclinación de un panel (FUENTE: Documento Básico HE Ahorro Energía, Sección HE 5)

El ángulo α , es el ángulo que forma la proyección sobre el plan horizontal de la normal de la superficie del panel respecto el meridiano del emplazamiento. Se considera acimut óptimo $\alpha=0^\circ$, cuando el panel esta orientado hacia el sur.

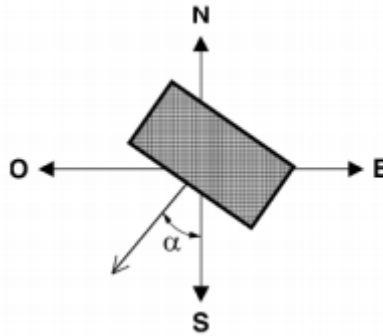


Ilustración 30: Esquema del ángulo acimut de un panel (FUENTE: Documento Básico HE Ahorro Energía, Sección HE 5)

Para determinar la orientación óptima nos basamos en la siguiente tabla:

Periodo de diseño	B_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\Phi + 10$	1,7
Julio	$\Phi - 20$	1
Anual	$\Phi - 10$	1,15

Tabla 2: Factor de inclinación óptimo en función del periodo de diseño (FUENTE: Documento Básico HE Ahorro Energía, Sección HE 5)

La latitud de la escuela secundaria es de 37° . Por otra parte, un instituto cierra en verano por lo que queremos una instalación que sea favorable en invierno. Luego Utilizaremos Diciembre como periodo de diseño. De este modo podemos determinar que $K=1,7$ y que la inclinación óptima es de 47° .

Se dispone de una superficie plana y vacía al lado del instituto con espacio suficiente luego podemos contar considerar que tendremos una inclinación y orientación óptima de los paneles.

Para obtener el factor de irradiación (FI) aplicamos la siguiente formula:

$$FI = 1 - \left[1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$FI = 1 - \left[1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \quad \text{para } 15^\circ \leq \beta$$

Como nuestra inclinación esta comprendida entre 15° y 90° utilizamos la primera formula. Por otra parte, sabiendo que la inclinación de nuestra instalación es óptima y que esta orientada hacia el sur obtenemos FI=1.

El factor de sombreado (FS) es el porcentaje de radiación que incide sobre los módulos en caso de ausencia de sombras. Al tratarse de una explanada amplia sin nada alrededor consideramos que FS=1 ya que nada genera sombra sobre las placas.

3.4 Irradiación sobre la instalación:

Queremos hallar energía solar media para la inclinación β y un ángulo acimutal α . Para ello usamos la siguiente formula:

$$G_{dm}(\alpha; \beta) = G_{dm}(0; 47) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS$$

Donde:

$G_{dm}(\alpha; \beta)$: Energía solar media sobre el plano generador sin pérdidas por sombreado (kWh/m².día)

$G_{dm}(0)$: Energía solar media sobre la horizontal (kWh/m².día)

Periodo	$G_{dm}(0)$ en Wh/(m ² ·día)
Enero	2590
Febrero	3560
Marzo	5160
Abril	6020
Mayo	7020

Junio	7970
Julio	7860
Agosto	6970
Septiembre	5370
Octubre	4070
Noviembre	2810
Diciembre	2310
Anual	5150

Tabla 3: Irradiación en el plano horizontal en Garrucha (Fuente: PVGIS)

Observamos que diciembre es el mes con menor irradiación luego tomamos como valor de $G_{dm}(0)_{diciembre} = 2,31 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$

Por lo tanto, obtendremos:

$$G_{dm}(\alpha; \beta) = 2,31 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 = 3,927 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$$

3.5 Dimensionad del generador:

Con el objetivo de calcular la potencia pico del generador utilizaremos la siguiente ecuación:

$$P_{mp,min} = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha; \beta) \cdot PR}$$

Donde:

E_D : Consumo de energía diario igual a 99,309 kWh/día

G_{CEM} : Irradiancia en condiciones estándar de medida, igual a 1 kW/m²

$G_{dm}(\alpha; \beta)$: Energía solar media sobre el plano generador sin pérdidas por sombreado (kWh/m².día)

PR : Factor de rendimiento

Luego:

$$P_{mp,min} = \frac{99,309 \cdot 1}{3,927 \cdot 0,6} = 42,15 kW_p$$

Resumimos los datos obtenidos a partir de las condiciones que existen en la instalación y los valores que se requieren:

Parámetro	Unidades	Valor	Comentario
Localidad		Garrucha, Almería	
Latitud		37°	
E _D	kWh/día	99,309	
Periodo de diseño		Diciembre	
($\alpha_{opt}, \beta_{opt}$)		(0°, 47°)	
(α, β)		(0°, 47°)	Orientación e inclinación de los paneles
G _{dm} (0) _{diciembre}	kWh/(m ² ·día)	2,31	
FI		1	
FS		1	
G _{dm} ($\alpha; \beta$)	kWh/(m ² ·día)	3,927	
P _{mp,min}	kW _p	42,15	

Tabla 4: Dimensionado del generador (FUENTE: Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones Aisladas)

Sabiendo que los paneles de la instalación tienen las siguientes propiedades:

Potencia nominal (P _{mod})	320W
Tensión Circuito Abierto (V _{CA})	45V
Corriente Cortocircuito (I _{CC})	9,17A
Tensión en el punto de máxima potencia (V _{mpp})	36,2V

Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mpp})	8,84A
--	-------

Tabla 5: Propiedades de los paneles solares (FUENTE: Ficha técnica Anexo)

Calculo de número total de paneles:

$$N_{paneles} = \text{int} \left(\frac{P_{mp,min}}{P_{mod}} \right) = \text{int} \left(\frac{42,15 \text{ kW}}{320W} \right) = 132 \text{ paneles}$$

Obtención de numero de paneles en serie:

$$N_{serie} = \text{int} \left(\frac{V_{max}}{V_{mpp}} \right) = \text{int} \left(\frac{48V}{36,2V} \right) = 2$$

Debemos instalar 2 paneles en serie para satisfacer la tensión nominal del sistema.

Obtención de número de paneles en paralelo:

$$N_{paralelo} = \frac{N_{paneles}}{N_{serie}} = \frac{132}{2} = 66 \text{ paneles}$$

Finalmente, la potencia del generador será de:

$$P_{mp} = N_{serie} \cdot N_{paralelo} \cdot P_{mod} = 2 \cdot 66 \cdot 320 = \mathbf{42\ 240\ W_p} < 1,2 \cdot P_{mp,min}$$

Ya que según el Pliego de Condiciones Técnicas de las Instalaciones Aisladas de la IDAE “la potencia nominal del generador será, como máximo, un 20 % superior al valor $P_{mp,min}$ para el caso general

(FUENTE: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_aisladas_red_843370f2.pdf)

También tendremos un total de 132 paneles fotovoltaicos

3.6 Distancia entre placas:

El objetivo de este apartado es determinar la distancia que mínima entre paneles solares de modo que no se hagan sombra los unos a los otros.

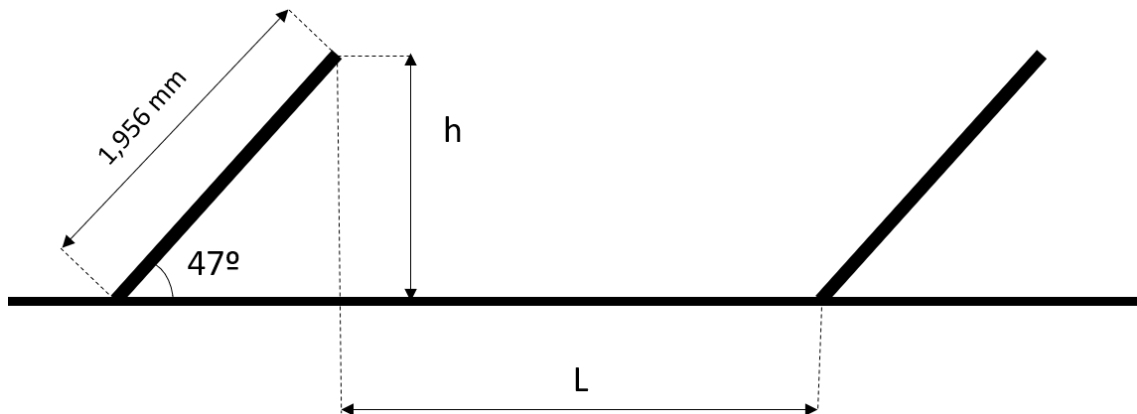


Ilustración 31: Esquema Distancia entre Placas (FUENTE: propia)

En primer lugar, calcularemos la altura de los paneles inclinados:

$$h = 1,956 \cdot \sin 47^\circ = 1,43 \text{ m}$$

A continuación, sabemos que la distancia entre placas L tiene la siguiente ecuación en función del coeficiente k que varía en función de la localización.

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} = \frac{1}{\tan(61^\circ - 37^\circ)} = 2,246$$

Luego:

$$L = k \cdot h = 2,246 \cdot 1,43 = 3,21 \text{ m}$$

Tomaremos una distancia de 3,3m para asegurar que las placas no se harán sombra las unas a las otras.

3.7 Dimensionado del sistema de acumulación

Al tratarse de un sistema aislado es importante tener la capacidad de almacenar energía de modo que, aunque no se traten de horas de luz o sea un día nublado podamos seguir haciendo uso de las instalaciones del colegio.

En primer lugar, calculamos el consumo medio diario de carga (L_D):

$$L_D = \frac{E_D}{V_{NOM}} = \frac{99309}{48} = 2068,9 \text{ Ah}$$

A partir de esto calculamos la capacidad nominal de las baterías con la siguiente fórmula:

$$C_{20} = \frac{L_D \cdot A}{PD_{max} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{rb}}$$

Donde:

C_{20} : Capacidad nominal del acumulador en Ah. Se trata de la cantidad de carga que es posible extraer en 20h a una temperatura de 20°C hasta que su tensión en los terminales alcance 1,8 V/base.

A : Es la autonomía, indica el número de días en los que las baterías podrían seguir abasteciendo la instalación en caso de que el generador no proporcione más energía. A este parámetro le influye las condiciones del entorno, así como la finalidad de la instalación. En nuestro caso, al tratarse de una escuela en la provincia que más radiación recibe podemos considerar una autonomía de 3 días (el mínimo según el Departamento de Energía Solar del IDAE).

PD_{max} : Profundidad de descarga máxima. Se trata del límite de descarga que puede alcanzar la batería sin afectar en su funcionamiento. En el caso de que la instalación tenga un inversor será de 0,6. Sin embargo, si la instalación posee un inversor y baterías (como es nuestro caso) la profundidad de descarga será igual a 0,7.

η_{inv} : Rendimiento energético del inversor. El valor varía en función del inversor. Encontramos este valor en la hoja del fabricante del inversor.

η_{rb} : Rendimiento energético del acumulador y del regulador.

Una vez definidos los términos obtenemos:

$$C_{20} = \frac{L_D \cdot A}{PD_{max} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{rb}} = \frac{2068,9 \cdot 3}{0,7 \cdot 0,96 \cdot 0,81} = 11\,402,7 Ah$$

A la hora de buscar baterías que encajen con la descripción, muchas poseen los datos en función de la capacidad nominal en 100h (C_{100})

Sabiendo que:

$$C_{100} = 1,25 \cdot C_{20} = 14\,253,4 Ah$$

Luego $C_{100}=14\,253,4 Ah$

En nuestra instalación utilizaremos la siguiente batería:

Batería 24V 940Ah Solar TOPzS Bauer

Estas baterías suministran 906 Ah en 100h y poseen un voltaje nominal de 24V.

Número de baterías en serie:

$$N_{serie} = \frac{V_{NOM}}{V_{bat}} = \frac{48V}{24V} = 2 \text{ baterias}$$

Número de baterías en paralelo:

$$N_{paralelo} = \text{int} \left(\frac{C_{100sistema}}{C_{100batería}} \right) = \text{int} \left(\frac{14253,4 Ah}{906 Ah} \right) = 16 \text{ baterias}$$

Una vez hechos estos cálculos podemos determinar que nuestra instalación tendrá un total de 32 baterías para garantizar tres días de autonomía.

Parámetro	Unidades	Valor
P_{mp}	W_p	42 240
C_{20}	Ah	11 402,7
PD_{max}		0,7
η_{inv}		0,96
η_{rb}		0,81
V_{NOM}	V	48V
L_D	Ah	2068,9
A	Días	3

Tabla 6: Dimensionado de la batería (FUENTE: Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones Aisladas)

3.8 Dimensionado del regulador:

Con el objetivo de determinar la corriente máxima que puede atravesar el regulador utilizamos la siguiente fórmula:

$$I_{reg} \geq I_{CC,mod} \cdot N_{mod,paralelo}$$

Sabiendo que $I_{cc,mod} = 9,7$ A y que $N_{mod,paralelo} = 66$ paneles obtenemos una intensidad para los reguladores superior o igual a 610,5 A.

En nuestra instalación utilizaremos el siguiente regulador:

Regulador 48V 80A MPPT Must Solar

Vemos que los reguladores soportan una corriente máxima de 80A por lo que al dividir la intensidad pico de los reguladores por esta obtendremos el número de paneles que necesita la instalación:

$$N_{reguladores} = \text{int} \left(\frac{I_{max}}{80A} \right) = \text{int} \left(\frac{610,5}{80} \right) = 8 \text{ reguladores}$$

Al necesitar 8 reguladores, hay que dividir la intensidad de la instalación entre ellos. Para eso debemos saber cuántas líneas de paneles solares irán conectadas a cada regulador:

$$N_{lineas \text{ por regulador}} = \text{int} \left(\frac{66}{8} \right) = 9 \text{ lineas}$$

Como hemos redondeado hacia arriba el número de líneas por regulador debemos comprobar que estas no exceden la intensidad máxima del regulador, debe ser inferior a 80A.

$$I_{max} = N_{lineas \text{ por regulador}} \cdot I_{cc,md} = 9 \cdot 9,7 = 87,3 \text{ A} > 80 \text{ A}$$

Vemos que efectivamente es superior por lo tanto debemos añadir un regulador al sistema y comprobar de nuevo los cálculos:

Utilizaremos 10 reguladores.

$$N_{lineas \text{ por regulador}} = \text{int} \left(\frac{66}{10} \right) = 7 \text{ lineas}$$

$$I_{max} = N_{lineas \text{ por regulador}} \cdot I_{cc,md} = 7 \cdot 9,7 = 67,9 \text{ A} < 80 \text{ A}$$

En conclusión, en nuestra instalación utilizaremos 10 reguladores conectados a 7 líneas de paneles solares cada uno. Estos reguladores tienen una intensidad de 80A y una tensión nominal de 48V. Es importante que sean iguales para que la carga se reparta de la misma manera entre todos

3.9 Dimensionado del inversor:

El objetivo del inversor es convertir la corriente continua que proviene de las baterías en corriente alterna para suministrar los sistemas consumidores.

En el inversor entra una corriente continua y una tensión nominal de 48V proveniente de la instalación solar y sale una corriente alterna de 230V y 50Hz.

Sabemos que la P_{mp} es de 42,24 kW_p.

En nuestra instalación utilizaremos el siguiente inversor:

Inversor Victron Phoenix solar 48V 5000VA

El inversor que tiene una tensión de entrada de 48V y una potencia continua de salida de 5000VA, tiene una potencia pico de 10kW.

$$N_{inv} = \text{int} \left(\frac{P_{mp}}{P_{inv}} \right) = \text{int} \left(\frac{42\,240}{10\,000} \right) = 5 \text{ inversores}$$

Por tanto, para nuestra instalación colocaremos 5 inversores de 5000VA en paralelo. Esto nos proporciona un voltaje de salida de 230V con una frecuencia de 50/60 Hz.

3.10 Dimensionado del cableado:

A continuación, debemos dimensionar la sección de los cables que comunican todos los equipos de la instalación. Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDEA, “los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos.”

Por otra parte, también indica las máximas caídas de tensión de los dispositivos de la instalación:

- Entre generador y regulador/inversor: 3%
- Entre regulador y batería: 1%
- Entre inversor y batería: 1%
- Entre regulador e inversor: 1%
- Entre inversor/regulador y cargas: 3%

De acuerdo a la normativa vigente, también se diferenciarán los positivos y negativos. Se conducirán separados y tendrán colores diferentes u etiquetas.

La formula que se utiliza para determinar la sección de los cables es la siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta V}$$

Donde:

S : Sección del conductor (mm²)

L : Longitud del conductor (m)

I : Intensidad máxima de la corriente que circula por el cable (A)

λ : Conductividad del material utilizado (m/Ωmm²)

ΔV : Caída de tensión

En nuestra configuración, distinguimos tramos de cableado. En cada tramo existe una intensidad máxima de corriente:

-Desde el generador hasta el regulador:

$$I_{max} = 1,25 \cdot I_{CC,modulo} = 1,25 \cdot 9,17 = 11,46 \text{ A}$$

-Desde el regulador hasta el acumulador:

$$I_{max} = 1,25 \cdot I_{reg} \cdot N_{reg,paralelo} = 1,25 \cdot 80 \cdot 8 = 800 \text{ A}$$

-Desde el acumulador hasta el inversor:

$$I_{max} = 1,25 \cdot I_{reg} \cdot N_{reg,paralelo} = 1,25 \cdot 80 \cdot 8 = 800 \text{ A}$$

Multiplicamos por el factor de 1,25 de manera a sobredimensionar el sistema.

Por otra parte, para nuestra instalación utilizaremos cables de cobre cuya conductividad es igual a 44m/Ωmm². Por lo tanto, las secciones en los 3 tramos serán las siguientes:

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial y empotrados en obra.			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3D						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D.						3x PVC			3x XLPE o EPR ⁽¹⁾			
G		Cables unipolares separados mínimo D.								3x PVC ⁽¹⁾		3x XLPE o EPR		
Cobre			mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
			185				268	297	317	354	386	415	464	601
			240				315	350	374	419	455	490	552	711
			300				360	404	423	484	524	565	640	821

Tabla 7: Referencia para el dimensionado de cables (FUENTE: ITC-BT-19)

-Desde el generador hasta el regulador:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 130 \cdot 11,46}{44 \cdot (0,03 \cdot 48)} = 47 \text{ mm}^2$$

132 cables unipolares de 50mm²

En nuestra instalación utilizaremos:

66 cables unifilar 50 mm² POWERFLEX RV-K Negro

66 cables unifilar 50 mm² POWERFLEX RV-K Rojo

-Desde el regulador hasta el acumulador:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 800}{44 \cdot (0,01 \cdot 48)} = 114 \text{ mm}^2$$

2 cables unipolares de 120mm²

-Desde el acumulador hasta el inversor:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 800}{44 \cdot (0,01 \cdot 48)} = 114 \text{ mm}^2$$

2 cables unipolares de 120mm²

En nuestra instalación utilizaremos:

4 cables flexibles 1x120 mm² RZ1-K 0,6/1 KV EXZHELLENT GENERAL CABLE

3.11 Elementos de protección

3.11.1 Tubos protectores

Los tubos protectores, se utilizan, como su nombre indica, para proteger el sistema cableado eléctrico. En función del número de cables y de su sección existen diferentes diámetros de tubos.

A partir de la siguiente tabla podemos determinar el diámetro de los tubos que necesita nuestra instalación.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 8: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir (FUENTE: Guía Técnica de aplicación: Instalaciones interiores, Tubos y Canales protectoras; GUÍA-BT-21)

A partir de la tabla obtenemos los siguientes diámetros:

- Desde el generador hasta el regulador: 66 tubos de 40mm
- Desde el regulador hasta el acumulador: 1 tubo de 50 mm
- Desde el acumulador hasta el inversor: 1 tubos de 50 mm

3.10.2 Toma a tierra

Las tomas a tierra en una instalación eléctrica tienen como objetivo absorber, canalizar y disipar las corrientes externas al sistema o las corrientes de defecto hasta un medio no energizado, la tierra. Se trata de una medida de seguridad para evitar electrocución a humanos o animales al tocar superficies conductoras.

En nuestra instalación solar vamos a incluir con este fin 2 picas de acero macizo bañado en cobre de 1,5m de 13mm de grosor de eDM.

Las picas se colocarán como mínimo a 15m de distancia de manera que un rayo en una de las picas no pueda perjudicar a la otra pica y así los circuitos eléctricos que protege.

También se colocarán en la parte más húmeda del terreno para que cree se forme la menor resistencia en caso de una derivación.

Colocaremos una de las picas para proteger la matriz de paneles en la estructura de estos y la otra pica se colocará en la instalación de corriente alterna.

Para conectarlas utilizaremos unos conductores de cobre desnudo de sección nominal de 35mm².

3.10.3 Fusible

Otra medida de seguridad que implantaremos en nuestra instalación son los fusibles. Su función es evitar una sobrecarga en el sistema que podría acabar provocando un incendio o deterioro del equipamiento. Se colocarán en las líneas que conectan los paneles con los reguladores y en las que conectan los reguladores con las baterías.

Estos fusibles se instalan para que al alcanzar una intensidad preestablecida se funde (por efecto Joule). Estos casos pueden darse por un cortocircuito o un exceso de carga.

Para determinar la intensidad de los fusibles debe cumplir estas condiciones:

$$I_{línea} < I_{fus} < 0,9 \cdot I_{\text{max admisible}}$$

Donde:

$I_{línea}$: Intensidad de la línea

I_{fus} : Intensidad nominal del fusible

$I_{\text{max admisible}}$: Máxima intensidad del cable ($S=50 \text{ mm}^2$)

Luego:

$$67,9 < I_{fus} < 0,9 \cdot 175$$

$$67,9 \text{ A} < I_{fus} < 157,5 \text{ A}$$

Para nuestra instalación utilizaremos 10 de los siguientes fusibles (uno para cada regulador):

Fusible NH gPV 1000V DV, DF Electic, NH1 80A

3.10.4 Interruptor magnetotérmico

Otra forma de proteger la instalación contra cortocircuitos y excesos de carga es el uso de un interruptor magnetotérmico. Este es capaz de cortar la corriente eléctrica cuando esta alcanza ciertos niveles máximos.

Este dispositivo actúa, como su nombre indica, por efecto magnético y por efecto térmico (efecto Joule).

Para determinar la intensidad de corte del magnetotérmico utilizamos la siguiente formula:

$$I_{magnetotérmico} = 1,25 \cdot I_{CC,mod} = 1,25 \cdot 9,17 = 11,46 \text{ A}$$

Utilizamos un coeficiente de 1,25 para sobredimensionar el sistema.

También debe ser capaz de soportar la tensión máxima del generador fotovoltaico, es decir la tensión de circuito abierto que será de 90V (2 x $V_{CA,mod}$ =90V).

En nuestra instalación utilizaremos el siguiente interruptor magnetotérmico:

Automático magnetotérmico A9K17116 1P 16A Shneider Electric

Utilizaremos 8, uno por cada inversor.

3.10.5 Interruptor diferencial

El interruptor diferencial es un dispositivo electromecánico cuyo objetivo es evitar accidentes por contacto con una superficie conductora de corriente alterna de la instalación. Detectan errores de aislamiento y cortan el suministro de energía si se encuentran defectos. Por lo tanto, estos dispositivos deberán colocarse a la salida de los inversores. Se utilizará un interruptor diferencial de calibre 63 A y sensibilidad de 30 mA.

5 interruptores diferenciales DELIXI 2P AC de 63 A y 30 mA (uno por cada inversor)

4. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Existen una serie de actividades obligatorias para asegurar el buen funcionamiento de una instalación fotovoltaica aislada. Antes de nada, se exige la realización de un contrato de mantenimiento de 3 años como mínimo. Dicho contrato incluye los protocolos de mantenimiento de todos los elementos y equipos de la instalación.

En el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red se diferencia el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo debe aplicarse al menos una vez al año. Implica una inspección visual y una verificación del correcto funcionamiento de los equipos con el fin de garantizar las prestaciones de nuestra instalación, así como su durabilidad. Por supuesto también de mantener la seguridad de la instalación y evitar el riesgo de accidentes. La inspección debe verificar el estado del generador de energía: revisar los módulos, su limpieza, etc. También la estructura, es importante que no presente daños ni este oxidada. Es importante también revisar el nivel de electrolito de las baterías y su limpieza. Hay que examinar también la caída de tensión entre los terminales de los reguladores y del cableado en continua. Finalmente verificar que todo el equipo de protección se encuentre operativo.

El mantenimiento correctivo implica las operaciones de reparación o sustitución del equipo defectuoso que impide el correcto funcionamiento de la instalación. Esto incluye la visita a el emplazamiento de la instalación en un plazo máximo de 48h si la instalación no funciona, y una semana si el fallo no implica un error de funcionamiento de la instalación.

El contrato anual también incluye el análisis y presupuestación del fallo y la reparación correspondiente. Finalmente incluye también el coste de reparación.

Cabe destacar que todos los protocolos de mantenimiento deben realizarse por personal cualificado para la tarea.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1 Presupuesto:

A continuación, se mostrará el presupuesto que requeriría esta instalación. En primer lugar, hay que tener en cuenta el gasto material, esto incluye el equipo requerido.

Producto	Precio unitario (€)	Unidades	Precio Total (€)
Panel Solar	247,55 €	132	32.676,60 €
Regulador	344,55 €	10	3.445,50 €
Batería	2.629,29 €	32	84.137,28 €
Inversor 5000VA	1.802,73 €	5	9.013,65 €
Conductor 50mm ² rojo	6,04 €	66	389,64 €
Conductor 50mm ² negro	6,04 €	66	389,64 €
Conductor 120mm ²	14,48 €	4	57,92 €
Picas	10,39 €	2	20,78 €
Fusible 80A	3,22 €	10	32,20 €
Interruptor diferencial	26,41	5	132,05 €
Interruptor Magnetotérmico	6,20 €	5	31,00 €
TOTAL			130.326,26 €

Tabla 9: Presupuesto material de la instalación (FUENTE: propia)

Gráfica presupuestaria:

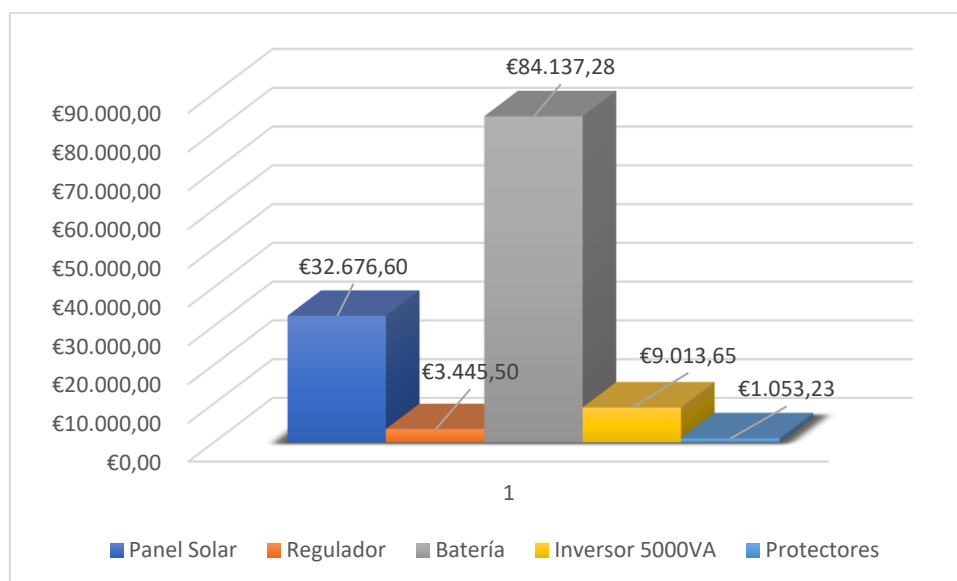


Ilustración 32: Distribución del presupuesto (FUENTE: propia)

Observamos que el mayor porcentaje de gastos va dedicado al acumulador. Una manera de reducir este gasto podría ser la implantación de un grupo electrógeno. De manera que podríamos disponer de menos baterías. Sin embargo, no se trata de una energía renovable.

Estos serían los precios del gasto material. Habría que tener en cuenta también los costes de administración, de obra y de mantenimiento.

A partir de estos datos obtenemos una viabilidad del proyecto de **3,09 €/W_p**.

5.2 Amortización:

Según los datos proporcionados por el colegio, el año pasado obtuvieron un gasto energético de aproximadamente 50 000€. No se trata de un valor exacto ni sabemos si ese gasto es constante a lo largo de los años, pero para el cálculo de la amortización supondremos que sí.

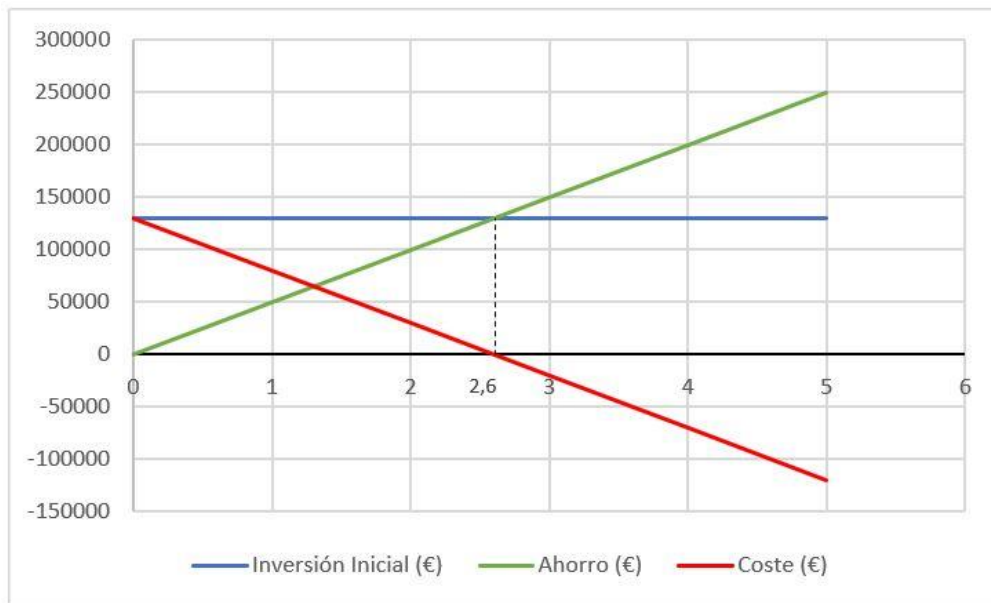


Ilustración 33: Amortización de la instalación (FUENTE: propia)

En el gráfico vemos que en 2,6 años la inversión inicial en material quedaría amortizada.

6. CONCLUSIONES

A modo de conclusión podemos destacar que a lo largo de este trabajo se obtiene una visión general de la estructura técnica de una instalación solar fotovoltaica aislada de casi 100 kWh/día, su proceso de dimensionado, la generación de energía sostenible y su presupuesto.

También tomamos consciencia de la falta de desarrollo que existe en España de la energía solar fotovoltaica, a pesar de la importancia que tienen hoy en día las energías renovables. También se ofrece la propuesta de implementar una instalación que permita a una escuela secundaria obtener un abastecimiento total de su consumo energético a base energía renovable.

Dicha propuesta consiste en un parque solar de 132 paneles solares, 32 baterías, 10 reguladores, 5 inversores, un sistema de cableado y una serie de medidas de protección.

Todo esto representa un coste de 130 326,26€. Esto equivale a una viabilidad de 3,09 €/W_p.

Se trata de un presupuesto elevado. Aunque se trata de una inversión. Los primeros años el proyecto implica gastos, pero una vez amortizada la instalación del sistema, este permite no tener más gastos económicos debidos al consumo energético. Lo cual a largo plazo implica un ahorro económico.

Hemos visto que el tiempo que tarda en amortizarse la inversión en material de la instalación es de 3 años, lo cual es muy razonable. Existen más gastos que no se han tenido en cuenta en los cálculos que alargarán el tiempo de amortización, pero seguirá siendo un tiempo razonable.

Por otra parte, hemos observado que lo que más gasto genera son las baterías. La manera de almacenar energía es el principal dilema hoy en día y lo que más nos inquieta. Una forma de ahorrar en ese aspecto podría ser el uso de menos baterías y en consecuencia implantar un sistema de generación de energía complementario, de combustible fósil, para utilizar en caso de que no haya suficiente irradiación para abastecer la demanda energética.

Por supuesto iría en contra de la idea de crear un modelo 100% sostenible, pero podría ser un primer paso hacia ello, hasta que se encuentren maneras más eficientes o asequibles de almacenar energía.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Soria Verdugo A. (2017). Apuntes de la asignatura “Energías Renovables” de Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales
- Sancho Ávila J., Riesco Martín J., Jiménez Alonso C., Sánchez de Cos Escuin M., Montero Cadalso J., López Bartolomé M. (2008), Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT.
- Especialistas en eficiencia y Ahorro Energético, Ayuntamiento de Jerez (2011), Plan de Optimización Energética Municipal, Auditoría Energética de colegio Público La Paz.
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía
- Alonso Abella M., Sistema Fotovoltaicos: Introducción al diseño y Dimensionado de Instalaciones Solares Fotovoltaicas
- IDAE (2009), Pliego de condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura
- Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instalaciones Interiores o Receptoras, ITC-BT-19
- REE (2017), Informe del Sistema Eléctrico Español 2017
- Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
- AENOR (2004), Energía Solar Fotovoltaica: Normas UNE”
- <http://www.cener.com/>
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> Photovoltaic Geographical Information System

8. ANEXO

Poly

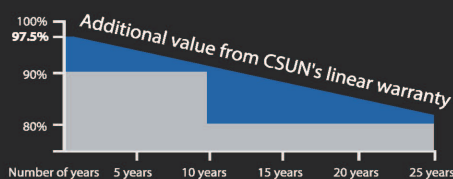


Powerguard Insurance Global Coverage

The power output shall not be less than 97.5% of the minimum power output stated in the product data sheet in the first year of the product's life cycle. The loss of power output shall not exceed 0.7% per year thereafter, ending with 80.7% in the 25th year.

■ CSUN ■ Standard warranty

CSUN's NEW linear performance warranty



CSUN320-72P

Premier choice for large scale project

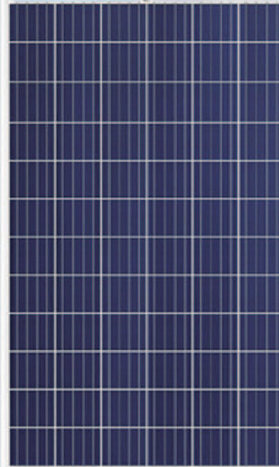
Module Fire Performance: Type 1 (UL 1703)

Fire Resistance Rating: Class C (IEC 61730)

CSUN320-72P CSUN315-72P

CSUN310-72P CSUN305-72P

CSUN300-72P



16.52%
Module efficiency

320 W
Highest power output

10 years
Material & workmanship warranty

25 years
Linear power output warranty



Industry leading conversion efficiency



Positive tolerance offer



Passed salt mist & ammonia corrosion, blowing sand and hail testing



Certificated to withstand wind (2400 Pa) and snow load (5400 Pa)



Excellent performance under weak light condition



Good temperature coefficient enables better output in hot climates

- China Sunergy Co., Ltd. designs, manufactures and delivers high efficiency solar cells and modules to the world from its production centers based in China, Turkey, South Korea and Vietnam.
- Founded in 2004, China Sunergy is well known for its advanced solar cell technology, reliable product quality, and excellent customer service.
- As one of leading PV enterprises, China Sunergy has delivered more than 4.0GW of solar products to residential, commercial, utility and off-grid projects all around the world.

* Note: All specifications, warranties, certifications about module of „CSUN“ series also apply to that of „SST“.

All information and data are subject to change without notice and are provided without liability.



www.csun-solar.com



All rights reserved by CSUN
Version 2/2014-ENG

Electrical Characteristics at Standard Test Conditions (STC)

Module Type	CSUN 320-72P	CSUN 315-72P	CSUN 310-72P	CSUN 305-72P	CSUN 300-72P
Maximum Power - P _{mpp} (W)	320	315	310	305	300
Positive Power Tolerance	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%
Open Circuit Voltage - Voc (V)	45.0	44.9	44.8	44.7	44.5
Short Circuit Current - Isc (A)	9.17	9.11	9.03	8.97	8.91
Maximum Power Voltage - V _{mpp} (V)	36.2	36.1	36.0	35.9	35.8
Maximum Power Current - I _{mpp} (A)	8.84	8.73	8.61	8.50	8.37
Module Efficiency	16.52%	16.27%	16.01%	15.75%	15.49%

Electrical data relates to standard test conditions (STC): Irradiance 1000W/m²; AM 1.5; cell temperature 25°C measuring uncertainty of power is within ±3%. Certified in accordance with IEC61215, IEC61730-1/2 and UL 1703

Electrical Characteristics at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

Module Type	CSUN 320-72P	CSUN 315-72P	CSUN 310-72P	CSUN 305-72P	CSUN 300-72P
Maximum Power - P _{mpp} (W)	235	232	228	225	220
Maximum Power Voltage - V _{mpp} (V)	34.1	33.8	33.5	33.2	32.9
Maximum Power Current - I _{mpp} (A)	6.89	6.86	6.80	6.77	6.71
Open Circuit Voltage - Voc (V)	41.6	41.5	41.4	41.3	41.1
Short Circuit Current - Isc (A)	7.40	7.34	7.30	7.24	7.19

Electrical data relates to nominal operating cell temperature (NOCT): Irradiance 800W/m²; wind speed 1 m/s; cell temperature 45°C; ambient temperature 20°C measuring uncertainty of power is within ±3%.

Temperature Characteristics

Voltage Temperature Coefficient	-0.292%/K
Current Temperature Coefficient	+0.045%/K
Power Temperature Coefficient	-0.408%/K

Maximum Ratings

Maximum System Voltage (V)	1000
Series Fuse Rating (A)	20
Reverse Current Overload (A)	27

Mechanical Characteristics

Dimensions	1956 × 990 × 50 mm
Weight	22.3 kg
Frame	Anodized aluminum profile
Front glass	Toughened low iron glass, 3.2 mm
Cell Encapsulation	EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)
Back Sheet	Composite film
Cells	6x12 polycrystalline solar cells (4BB or 5BB 156 X156mm)
Junction Box	Rated current ≥ 12A, IP ≥ 65, TUV & UL
Cable	Length 900 mm, 1 × 4 mm ²
Connector	MC 4/ compatible with MC 4

Packaging

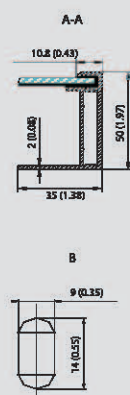
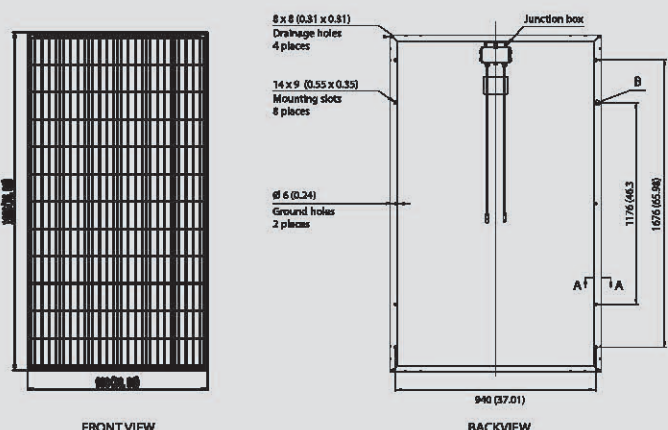
Container 20'	252 pcs.
Container 40'	504 pcs.
Container 40'HC	552 pcs.

System Design

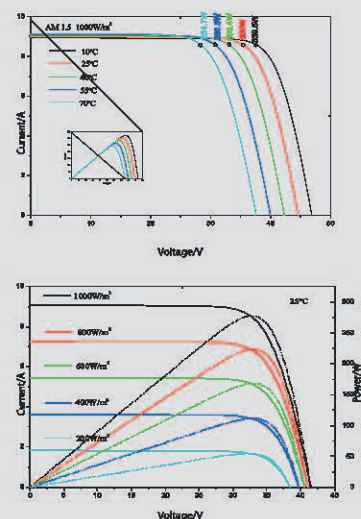
Temp. Range	-40°C to +85°C
Hail	Max. diameter of 25mm with 23m/s impact speed
Max. Capacity	Snow 5400 Pa, wind 2400 Pa
Application Class	A
Safety Class	II

Dimensions

Note: mm (inch)



IV-Curves





PC1800F Series
MPPT Solar Charge Controller

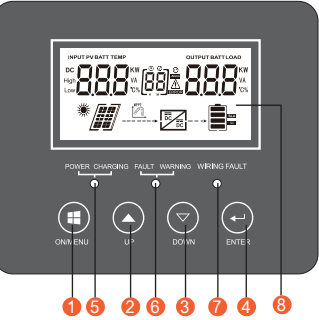
Feature:

- 60A/80A MPPT solar charge controller(Fan cooling)
- 12V/24V/48V (auto detection);36V(setting)
- MPPT efficiency>99%,Peak conversion efficiency >98%
- DSP processors technology ensure high speed and performance
- Multi-stage charging mode
- Protection: PV array short circuit , PV reverse polarity , Battery reverse polarity , Over charging , Output short circuit
- Equalization charging function
- BTS function

Introduction:

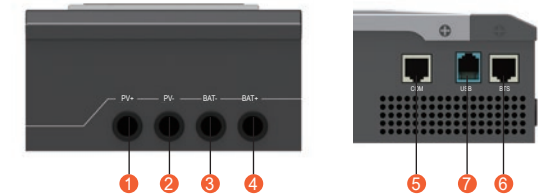
MPPT (Maximum Power Point Tracking)Solar Charge Controller offer an efficient, safe, multi-stage recharging process that prolongs battery life and assures peak performance from a solar array. Each Charge Controller allows customized battery recharging.

LCD Display Information



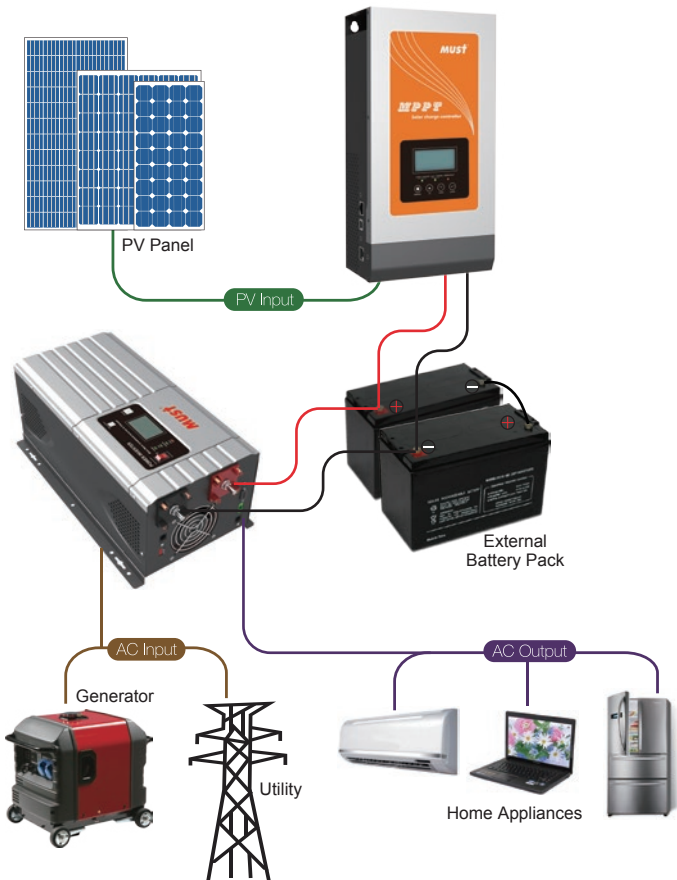
1. ON/MENU: Enter or exit setting mode.
2. UP: Increase the setting data.
3. DOWN: Decrease the setting data.
4. ENTER: Confirm the selection in setting mode.
8. LCD display

LED Indicator		Messages	
5. POWER ON/ CHARGING	Green	Solid On	The controller is on.
		Flashing	The controller is charging. Bulk charge stage : flashing every 0.5 second Absorption stage : flashing every second Equalize stage : flashing every 3 seconds Float stage : flashing every 5 seconds
6. FAULT/ WARNING	Red	Solid On	Fault occurs.
		Flashing	Warning situation occurs.
7. WIRING FAULT	Red	Solid On	Battery polarities are not connected correctly.



1. PV+: PV array positive terminal
2. PV-: PV array negative terminal
3. BA-: The battery negative terminal
4. BA+: The battery positive terminal
5. COM: RS485 Communication network terminal(Use for computer)
6. BTS: Battery Remote Temperature sensor terminal
7. USB

Solar System Connection



Specification

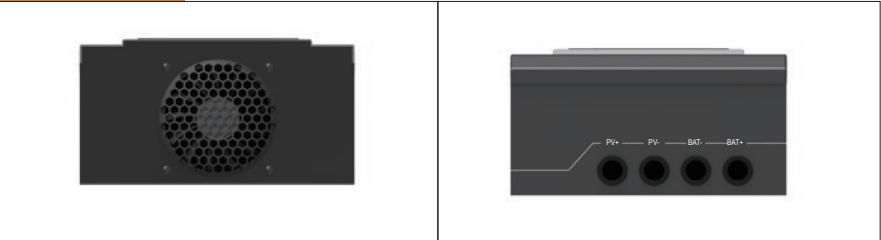
MODEL		PC18-6015F		PC18-8015F	
Nominal Battery System Voltage		12V/24V/48VDC (Auto detection); 36V(setting)			
CONTROLLER INPUT	Battery Voltage	12V	24V	36V	48V
	Maximum Solar Input Voltage	100V	145V		
	PV Array MPPT Voltage Range	15~95V	30~130V	45~130V	60~130V
	Max PV Input Power(12V)	938W		1250W	
	Max PV Input Power(24V)	1875W		2500W	
	Max PV Input Power(36V)	2813W		3750W	
	Max PV Input Power(48V)	3750W		5000W	
BATTERY	Charging Set points	Absorption Stage		Float Stage	
	Flooded Battery	14.2V/28.4V/42.6V/56.8V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	AGM/Gel/LEAD battery (Default)	14.4V/28.8V/43.2V/57.6V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	Over-charging voltage	15.5V/30.0V/45.0V/60.0V			
	Over-charging comeback voltage	14.5V/29.5V/44.5V/59.0V			
	Battery defect voltage	10.0V/17.0V/25.5V/34.0V			
	Temperature Compensation coefficient	-3mV/°C /cell (25°C vef)			
PATTERY	Peak Conversion efficiency	98% (MPPT Efficiency 99%)			
	Max Charging Current	60 amps continuous @ 40°C ambient		80 amps continuous @ 40°C ambient	
GENERAL SPECIFICATION	Radiating mode	Fan cooling			
DISPLAY & PROTECTION	Protections	Solar high voltage disconnect Solar high voltage reconnect Battery high voltage disconnect Battery high voltage reconnect High temperature disconnect High temperature reconnect			
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Mounting	Wall mount			
	Machine Dimension(W*H* D)	152*100*294mm (per pcs)			
	G.W(Kg)	3Kg/pcs			
	Package Dimension(W*H* D)	612*308.2*235.6mm (5pcs/Carton)			
	Gross Weight(Kg)	17.4Kg (per Carton)		19Kg (per Carton)	
OTHER	Environmental Rating	Indoor			
	Operation Temperature Range	-25~55°C			
	Ambient humidity	0~90% relative humidity(non-condensing)			
	Altitude	≤3000m			
	Loading(20GP/40GP/40HQ)	3000pcs / 6000pcs / 7200pcs			

* Product specifications are subject to change without further notice.

Side panel



Back Panel



Solar-T 940



Especificaciones Técnicas

Modelo:	Solar-T 940
Largo:	198 ± 2 mm
Ancho:	119 ± 2 mm
Alto:	720 ± 2 mm
Peso total:	43.2 kg

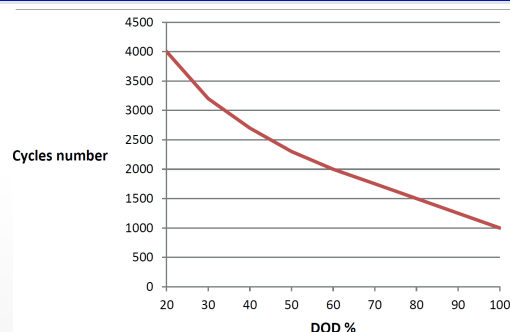
Características

	Voltaje	2V
	Capacidad (120HR)	940AH
Tipo de Terminal	Terminal tipo Hembra	M10
Material del Envase	Polipropileno Translúcido	
Capacidad	940AH	(120hr, 1.85V/celda, 20°C)
	906AH	(100hr, 1.80V/celda, 20 °C)
	625AH	(10hr, 1.75V/celda, 20 °C)
Resistencia Interna	Aproximada 0.76mΩ	
Características de Descarga	Rango nominal de temperatura	Descarga: -15 ~ 50°C Carga: 0 ~ 40°C Almacenamiento: -15 ~ 40°C
	Carga	Voltaje en flotación: 2.23V~2.25V at 20°C Temp. Carga rápida: 2.30V~2.40V at 20°C Temp. Corriente de Carga máxima: 0.1CA Coeficiente de Temperatura -3mV/°C
	Capacidad afectada a la temperatura	40°C 103% 25°C 100% 0°C 86%
Vida Útil Estimada en Flotación a 20°C	16 años	
Autodescarga	Las baterías de Bauer podrán ser almacenadas sin uso durante 2 meses. Pasado este plazo será necesario realizar una carga de emergencia. Para altas temperaturas acotaremos este plazo en un mes.	

Garantía

Bauer establece un periodo de garantía de las baterías de seis meses posteriores a la entrega de la misma y de dos años por defecto de fabricación. Para la aplicación de la garantía en el periodo entre seis meses y dos años se debe entregar un informe de peritaje que afirme que el uso de la batería haya sido correcto y el problema existente sea de fabricación. Además, la empresa realizará las pruebas convenientes para estudiar el estado y comprobar el informe del peritaje.

Ciclos de vida en función de la Descarga



TODOS LOS DATOS QUEDAN SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO

Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

www.victronenergy.com



Phoenix Inverter
24/5000

SinusMax – Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

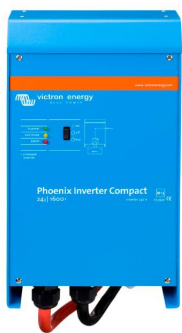
Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

Interfaz para el ordenador

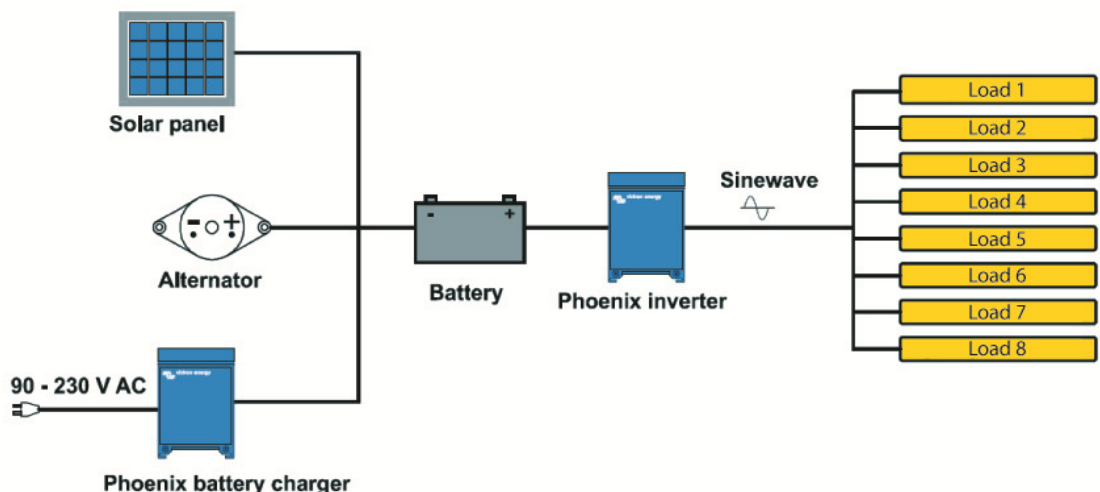
Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software [VEConfigure](http://www.victronenergy.com), que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web www.victronenergy.com, se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a [VENet](http://www.victronenergy.com), la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.



Phoenix Inverter Compact
24/1600

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "[Electricity on board](http://www.victronenergy.com)" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.



Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 / 48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -20 a +50°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				



Panel de Control para Inversor Phoenix

También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.



Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:

- **Convertidor MK2.2 VE.Bus a RS232**
Se conecta al puerto RS232 de un ordenador (ver "Guía para el VEConfigure")
- **Convertidor MK2-USB VE.Bus a USB**
Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VEConfigure")
- **Convertidor VE.Net a VE.Bus**
Interfaz del VE.Net (ver la documentación VE.Net)
- **Convertidor VE.Bus a NMEA 2000**
- **Victron Global Remote**
El Global Remote de Victron es un módem que envía alarmas, avisos e informes sobre el estado del sistema a teléfonos móviles mediante mensajes de texto (SMS). También puede registrar datos de monitores de baterías Victron, Multi, Quattro e inversores en una web mediante una conexión GPRS. El acceso a esta web es gratuito.
- **Victron Ethernet Remote**
Para conectar a Ethernet.



Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).



POWERFLEX RV-K

Cable flexible de potencia para uso industrial.

IEC 60502-1 - UNE 21123-2

DISEÑO

1. Conductor

Cobre electrolítico, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228

2. Aislamiento

Polietileno reticulado (XLPE).

La identificación normalizada de los conductores aislados es la siguiente:

1 x	Natural
2 x	Azul + Marrón
3 G	Azul + Marrón + Amarillo/Verde
3 x	Marrón + Negro + Gris
3 x + 1 x	Marrón + Negro + Gris + Azul (sección reducida)
4 G	Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
4 x	Marrón + Negro + Gris + Azul
5 G	Marrón + Negro + Gris + Azul + Amarillo/Verde

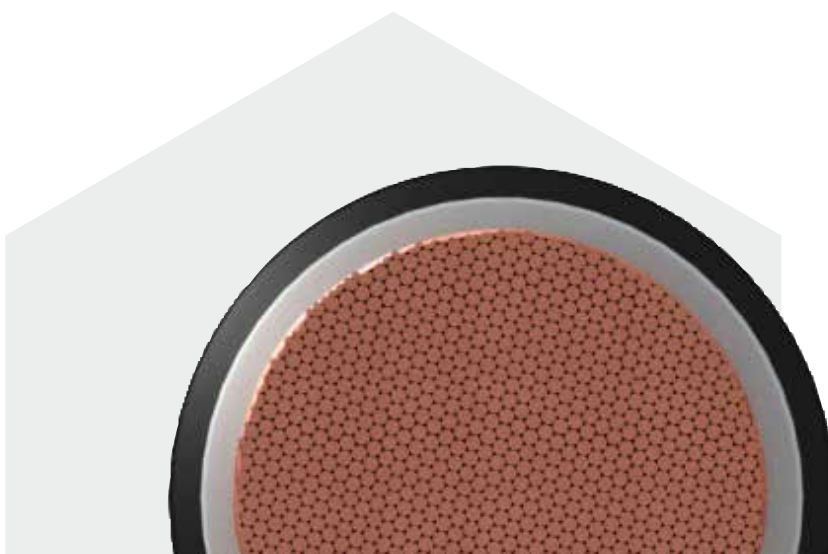
3. Cubierta

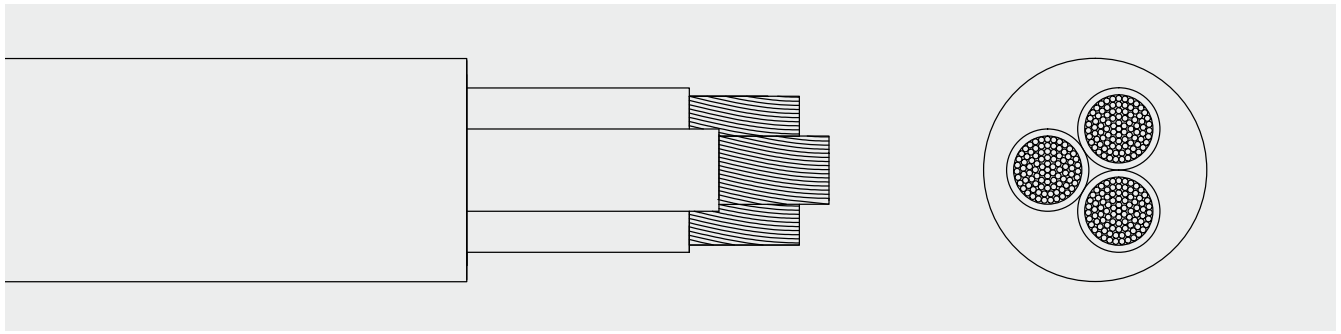
PVC flexible de color negro.

APLICACIONES

El cable Powerflex RV-K es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes: conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios, etc. Su flexibilidad lo hace particularmente adecuado en trazados difíciles. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado en todo tipo de condiciones ambientales: zonas húmedas y secas, instalación al aire libre, enterrado, e incluso sumergido en agua (AD7), sin que perjudique la vida útil del cable.

Este render es un ejemplo de las diversas configuraciones de este cable. Puede ser suministrado en diversas secciones y número de conductores.





CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

BAJA TENSIÓN 0,6/1kV



Norma de referencia

IEC 60502-1 - UNE 21123-2



ITC y certificaciones

ITC: 9/20/30/31

Certificados:

CE
SEC
BUREAU VERITAS
AENOR
RoHS



Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 90°C.
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s)
Temp. mínima de servicio: -40°C
(estático con protección).



Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.
Reducida emisión de halógenos. Cloro < 15%.



Características mecánicas

Radio de curvatura: 5 x diámetro exterior
Resistencia a los impactos: AG2 Medio



Características químicas

Resistencia a los ataques químicos: Buena
Resistencia a los rayos ultravioleta: UNE 211605.



Presencia de agua

Presencia de agua: AD7 Inmersión



Otros

Marcaje: metro a metro



Condiciones de instalación

Al aire.
Enterrado.
Entubado.



Aplicaciones

Uso industrial
Alumbrado exterior.



Embalaje

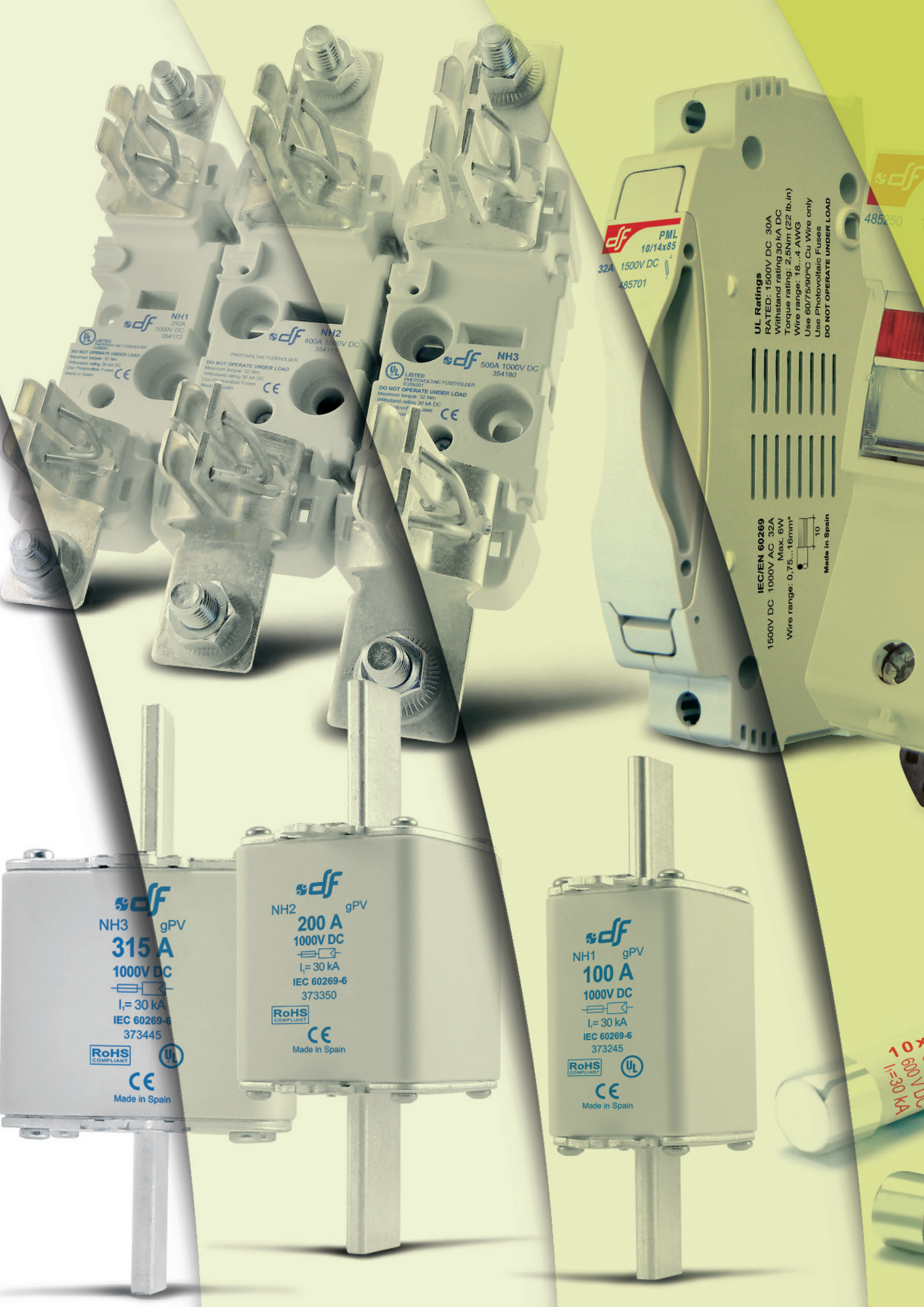
Disponible en rollos de 100m -con film retráctilado- y bobinas.





fusibles & bases

FOTOVOLTAICOS



df NH1
250A
1000V DC
354172

LISTED
PHOTOVOLTAIC FUSEHOLDER
E-200001
DO NOT OPERATE UNDER LOAD
Maximum torque: 32 Nm
Withstand rating: 30 kA DC
Use Photovoltalic Fuses
Made in Spain

CE

PHOTOVOLTAIC FUSEHOLDER
DO NOT OPERATE UNDER LOAD
Maximum torque: 32 Nm
Withstand rating: 30 kA DC
Use Photovoltalic Fuses
Made in Spain

CE

df NH2
400A 1000V DC
354173

LISTED
PHOTOVOLTAIC FUSEHOLDER
E-200001
DO NOT OPERATE UNDER LOAD
Maximum torque: 32 Nm
Withstand rating: 30 kA DC
Use Photovoltalic Fuses
Made in Spain

CE

df NH3
500A 1000V DC
354180

LISTED
PHOTOVOLTAIC FUSEHOLDER
E-200001
DO NOT OPERATE UNDER LOAD
Maximum torque: 32 Nm
Withstand rating: 30 kA DC
Use Photovoltalic Fuses
Made in Spain

CE

df PML
10/14x85
32A 1500V DC
485701

UL Ratings
RATED: 1500V DC 30A
Withstand rating: 30 kA DC
Torque rating: 2.5Nm (22 lb.in)
Wire range: 18...4 AWG
Use 60/75/90°C Cu Wire only
Use Photovoltalic Fuses
DO NOT OPERATE UNDER LOAD

IEC/EN 60269
1500V DC 1000V AC 32A
Max. 6W
Wire range: 0.75...16mm²

Made in Spain

df NH3 gPV
315 A
1000V DC
I_n = 30 kA
IEC 60269-6
373445

RoHS COMPLIANT

CE

Made in Spain

df NH2 gPV
200 A
1000V DC
I_n = 30 kA
IEC 60269-6
373350

RoHS COMPLIANT

CE

Made in Spain

df NH1 gPV
100 A
1000V DC
I_n = 30 kA
IEC 60269-6
373245

RoHS COMPLIANT

CE

Made in Spain

10x60VDC
I=30KA

FOTONOTAIcos

FUSIBLES

- PAGINA **02** | gPV 10x38 & 14x51 600 & 1000V/1100V DC FUSIBLES
PAGINA **03** | gPV 10x85 1200 & 1500V DC FUSIBLES
PAGINA **04** | gPV NH1 & NH3 1000V DC FUSIBLES

BASES












- PAGINA **05** | PMF 10x38 & 14x51 1000V DC BASES
PAGINA **06** | PML 10/14x85 1500V DC BASES
PAGINA **08** | CONTACTO PINZA PARA FUSIBLES Ø10
PAGINA **09** | NH1, NH2 & NH3 ST 1000V DC BASES

gPV FUSIBLES CILINDRICOS PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

La principal novedad que ofrecen estos productos es la tensión asignada de 1000 V DC y 600 V DC. Están destinados principalmente a ofrecer una solución de protección compacta, segura y económica en instalaciones fotovoltaicas, donde, debido al constante incremento de potencia y la evolución tecnológica, es común que se precise proteger grupos de paneles solares que pueden alcanzar tensiones superiores a 800 V DC. También pueden utilizarse como protección en instrumentación y como protección de circuitos auxiliares en ferrocarriles. Proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos (clase gPV de acuerdo a la nueva Norma IEC60269-6). Están contruidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Los contactos están realizados en cobre plateado y los elementos de fusión son de plata, lo que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características. Para la instalación de estos fusibles se recomienda la utilización de las bases modulares PMF 1000 V en versión unipolar o bipolar (con o sin indicador de fusión).

10x38

1000V
DC

In (A)	REFERENCIA	PODER DE CORTE (kA)	EMBALAJE Unid./CAJA
1	491601	30	10/100
2 	491602	30	10/100
3 	491604	30	10/100
4 	491605	30	10/100
5 	491606	30	10/100
6 	491610	30	10/100
8 	491615	30	10/100
10 	491620	30	10/100
12 	491625	30	10/100
15 	491629	30	10/100
16 	491630	30	10/100
20 	491635	30	10/100



600V
DC

1	491901	30	10/100
2	491902	30	10/100
3	491904	30	10/100
4	491905	30	10/100
5	491906	30	10/100
6	491910	30	10/100
8	491915	30	10/100
10	491920	30	10/100
12	491925	30	10/100
15	491929	30	10/100
16	491930	30	10/100
20	491935	30	10/100
25	491940	30	10/100
30	491944	30	10/100
32	491945	30	10/100



14x51

1100V
DC

15	491647	10	10/50
20	491648	10	10/50

1000V
DC

25	491650	30	10/50
32	491655	30	10/50



NORMAS
IEC 60269-1
IEC 60269-6
UL 2579

HOMOLOGACIONES
Cd-Pb
RoHS
compliant


TECNICO
CARACTERISTICAS t-I
PAGINA 09

TECNICO
COEFICIENTE REDUCCION
POR TEMPERATURA
AMBIENTE
PAGINA 12

COMPATIBLE
PV BASES PARA
APLICACIONES
FOTOVOLTAICAS
PAGINA 05

COMPATIBLE
CONTACTO PINZA PARA
FUSIBLES Ø10
PAGINA 07

FOTOVOLTAICOS

FUSIBLES



gPV FUSIBLES CILINDRICOS PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

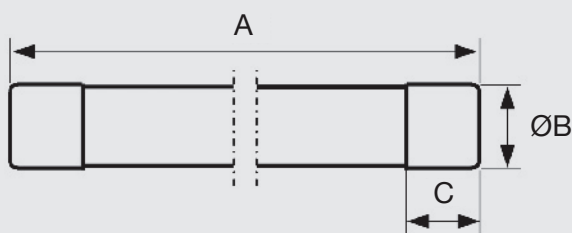
10x85	I_n (A)	REFERENCIA	PODER DE CORTE (kA)	EMBALAJE Unid./CAJA
1500V DC	2	492202	10	4/24
	4	492205	10	4/24
	6	492210	10	4/24
	8	492215	10	4/24
	10	492220	10	4/24
	12	492225	10	4/24
	15	492229	10	4/24
	16	492230	10	4/24
1200V DC	20	492235	10	4/24
	25	492240	10	4/24



TECNICO gPV FUSIBLES CILINDRICOS PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

DIMENSIONES

10x38
14x51
10x85



TAMAÑO	A	B	C
10x38	38	10,3	10
14x51	51	14,3	10
10x85	85	10,3	10

NORMAS
IEC 60269-1
IEC 60269-6
UL 2579

HOMOLOGACIONES
Cd-Pb
RoHS
compliant
REACH

TECNICO
CARACTERISTICAS t-I
PAGINA 10

TECNICO
COEFICIENTE REDUCCION
POR TEMPERATURA
AMBIENTE
PAGINA 12

COMPATIBLE
CONTACTO PINZA PARA
FUSIBLES Ø10
PAGINA 07

FOTOVOLTAICOS FUSIBLES



gPV FUSIBLES NH PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

NH

1000V
DC

Los cartuchos fusibles de cuchilla NH gPV 1000 V DC para instalaciones fotovoltaicas de DF Electric han sido desarrollados para ofrecer una solución de protección segura, compacta y económica en los cuadros de segundo nivel de las instalaciones fotovoltaicas. La gama comprende cartuchos fusibles de talla NH1 con corrientes asignadas comprendidas entre 25A y 160A y fusibles NH3 con corrientes asignadas comprendidas entre 200A y 315 A. La tensión asignada es de 1000 V DC (corriente continua). Proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos (clase gPV de acuerdo a la norma IEC 60269-6), con una corriente mínima de fusión de $1,35 \cdot I_n$. Están contruidos con cuerpo de cerámica de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos. Los contactos están realizados en latón platerado y los elementos de fusión son de plata, lo que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características. Para la instalación de estos fusibles se recomienda la utilización de las bases NH modelo ST de 1000 V DC.

NH1

I_n (A)	REFERENCIA	PODER DE CORTE (kA)	EMBALAJE Unid./CAJA
25	373210	30	1/30
32	373215	30	1/30
40	373225	30	1/30
50	373230	30	1/30
63	373235	30	1/30
80	373240	30	1/30
100	373245	30	1/30
125	373250	30	1/30
160	373255	30	1/30
200	373260	30	1/30

NH2

200	373350	30	1/15
250	373360	30	1/15

NH3

200	373425	30	1/15
250	373435	30	1/15
315	373445	30	1/15
355	373450	30	1/15
400	373455	30	1/15



373245



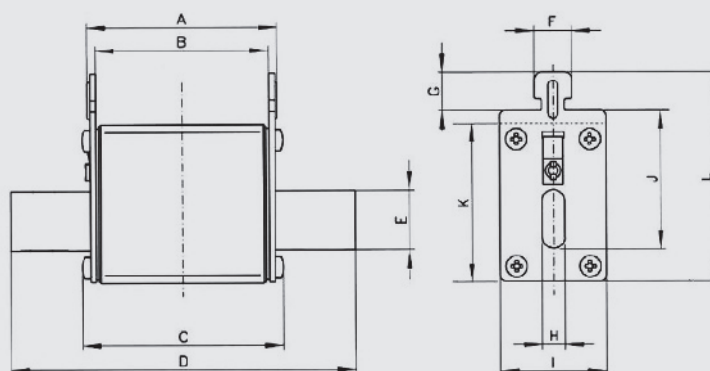
373350

TECNICO gPV FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS DIMENSIONES

NH1

NH2

NH3



TAMAÑO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
NH1	68	62	71,5	135	20	10	9,5	6	39	40	52	64
NH3	68	62	73	150	32	10	9,5	6	70	60	75	87

NORMAS
IEC 60269-1
IEC 60269-6

HOMOLOGACIONES
Cd-Pb
RoHS
compliant

TECNICO
CARACTERISTICAS t-I

TECNICO
COEFICIENTE REDUCCION
POR TEMPERATURA
AMBIENTE

COMPATIBLE
NH ST BASES PARA
APLICACIONES
FOTOVOLTAICAS

PAGINA 11

PAGINA 12

PAGINA 08

FOTOVOLTAICOS

BASES PORTAFUSIBLES

PMX BASES PORTAFUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS









DF ELECTRIC lanza al mercado una nueva base portafusible modular para instalaciones fotovoltaicas. La principal novedad que ofrecen es la tensión asignada de 1000 V DC. Están destinadas principalmente a ofrecer una solución de protección compacta, segura y económica en instalaciones fotovoltaicas, donde, debido al constante incremento de potencia y la evolución tecnológica, es común que se precise proteger grupos de paneles solares que pueden alcanzar tensiones hasta 1000 V DC. Bases portafusibles modulares para utilizar con fusibles cilíndricos talla 10x38 según norma IEC/EN 60269. Diseño compacto, de dimensiones reducidas, fabricadas con materiales de calidad. Contactos de cobre electrolítico plateados. Materiales plásticos autoextinguibles y de alta resistencia a la temperatura. Todos los materiales utilizados son conformes a la Directiva europea 2002/95/EC RoHS.

**1000V
DC**

10x38

**SIN
INDICADOR**

**CON
INDICADOR**

POLOS	MODULOS	REFERENCIA	DESCRIPCION	I _n (A)	U (V DC)	EMBALAJE Unid./CAJA
1	1	485150  	UNIPOLAR	32	1000	12/192
2	2	485151  	BIPOLAR	32	1000	6/96
1	1	485152  	UNIPOLAR	32	1000	12/192
2	2	485153  	BIPOLAR	32	1000	6/96

**PATENTED
DESIGN**



485152

**1100V
DC**

14x51

**SIN
INDICADOR**

**CON
INDICADOR**

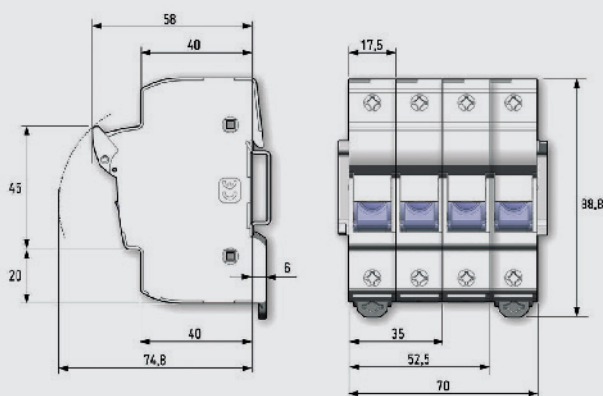
1	1,5	485250	UNIPOLAR	50	1000	6/90
2	3	485251	BIPOLAR	50	1000	3/45
1	1,5	485252	UNIPOLAR	50	1000	6/90
2	3	485253	BIPOLAR	50	1000	3/45

**PATENTED
DESIGN**

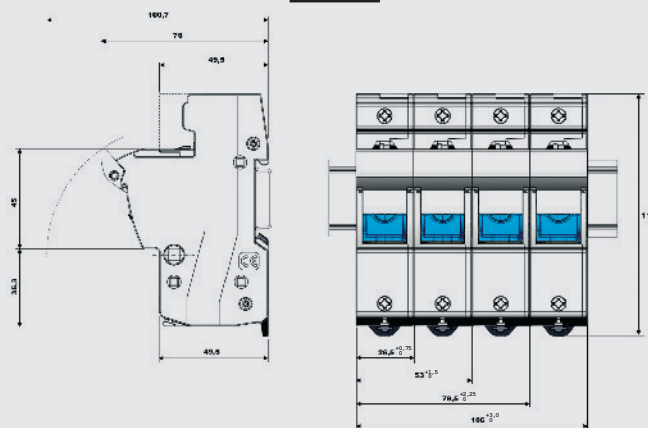


485250

10x38



14x51



NORMAS

IEC 60269-1
IEC 60269-2
EN 60269-1
EN 60269-2
UL4248-18

HOMOLOGACIONES



COMPATIBLE

gPV FUSIBLES PARA
APLICACIONES
FOTOVOLTAICAS

PAGINA

02

COMPATIBLE

PEINES DE CONEXION Y
ACCESORIOS

VER
CILINDRICOS

FOTOVOLTAICOS

BASES PORTAFUSIBLES



PML BASES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS 1500 VDC

- Base portafusibles para utilizar con fusibles cilíndricos talla 10x85 y 10-14x85
- Diseño compacto moderno.
- Zonas de ventilación optimizadas para una mejor disipación del calor.
- Fabricadas con materiales de calidad.
 - Contactos de cobre electrolítico plateados.
 - Materiales plásticos autoextinguibles y de alta resistencia a la temperatura.
 - Todos los materiales utilizados son conformes a la Directiva europea RoHS (Restricción de ciertas sustancias peligrosas en el material eléctrico) así como libres de halógenos.

1500V
DC

10x85
10/14x85

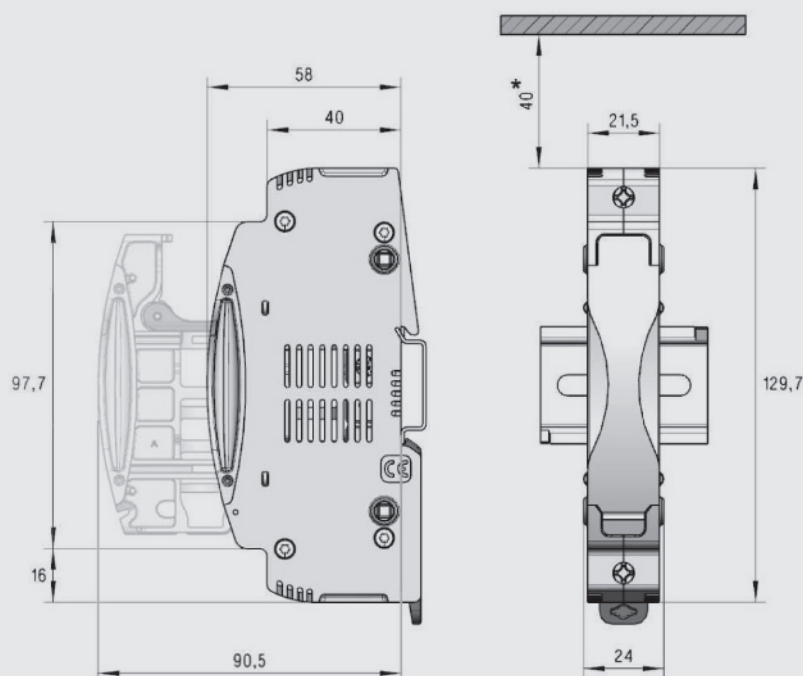
POLOS	MODULOS (mm)	REFERENCIA	DESCRIPCION	I _n (A)	U (V DC)	EMBALAJE Unid./CAJA
1	24	485701	PML 10/14x85 BASE PORTAFUSIBLE UNIPOLAR	32	1500	6/84

PATENTED
DESIGN



TECNICO PML BASES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS 1500 VDC

DIMENSIONES



* Espacio de montaje libre recomendado

NORMAS
IEC/EN 60269-1
IEC/EN 60269-2
UL4248-1
UL4248-19
UL486E

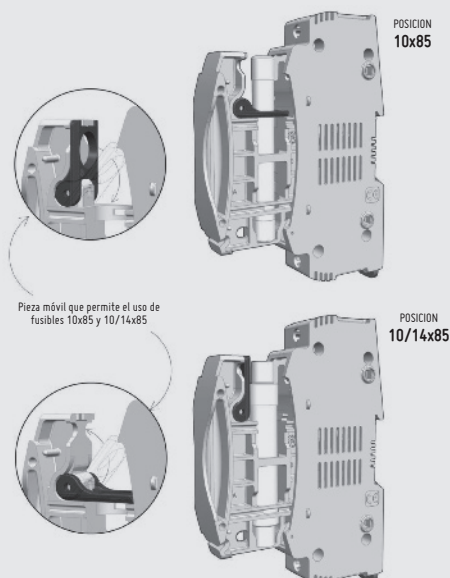
HOMOLOGACIONES
RoHS
compliant
HF
halogen free

COMPATIBLE
qPV FUSIBLES PARA
APLICACIONES
FOTOVOLTAICAS
PAGINA 02

COMPATIBLE
PEINES DE CONEXION Y
ACCESORIOS
VER
CILINDRICOS

TECNICO
PML BASES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS 1500 VDC

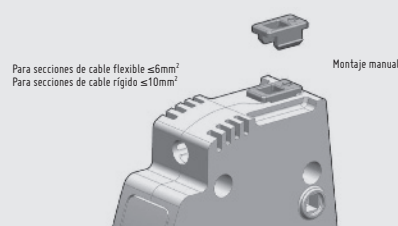
SELECTOR DE TALLAS DE FUSIBLES



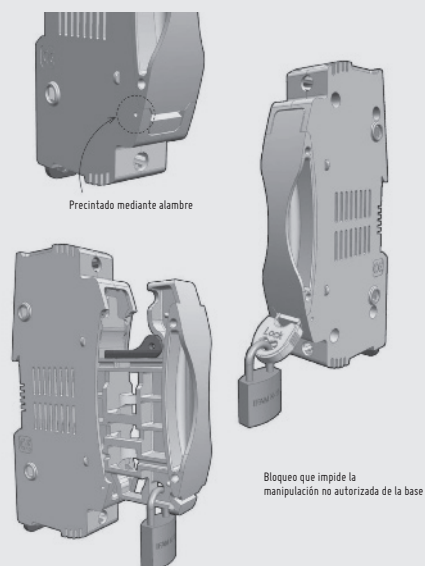
ESPACIO DISPONIBLE PARA EL ETIQUETADO



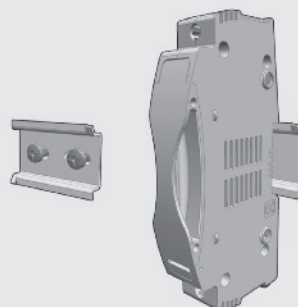
PROTECCIÓN IP20 ESPECIAL



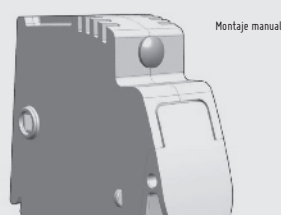
BLOQUEO DE LA BASE



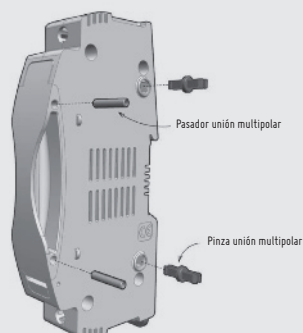
ACCESORIO FIJACIÓN TORNILLO



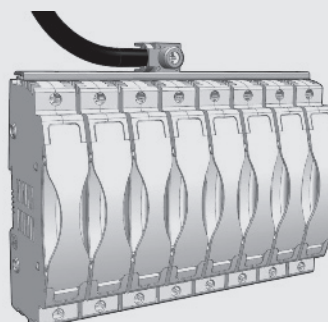
ACCESORIO PROTECCIÓN TORNILLOS



ENSAMBLADO MULTIPOLAR



PUENTE DE CONEXIÓN



CONTACTO PINZA PARA FUSIBLE Ø10

Contacto pinza para fusibles cilíndricos Ø10. Versiones fijación tornillo y para circuito impreso. Fabricados en Bronce con protección de estaño. Todos los materiales utilizados son conformes a la Directiva europea 2002/95/EC RoHS (Restricción de ciertas sustancias peligrosas en el material eléctrico).

10x38
10x85

REFERENCIA	DESCRIPCION	I _n (A)	P _d max (W)	EMBALAJE Unid./CAJA
482001	CONTACTO PINZA Ø10 FIJACIÓN TORNILLO	25	4	50/200
482002	CONTACTO PINZA Ø10 PARA CIRCUITO IMPRESO	25	4	50/200



482001



482002

TECNICO

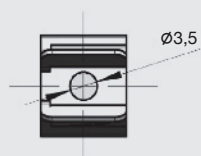
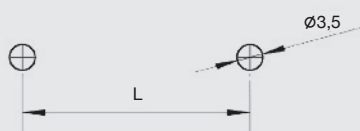
CONTACTO PINZA PARA FUSIBLE Ø10

DIMENSIONES

10x38
10x85

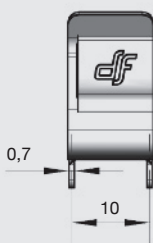
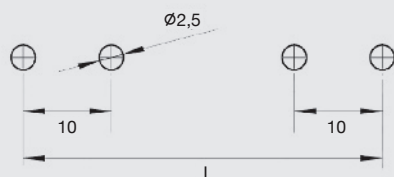
CONTACTO PINZA Ø10 FIJACION TORNILLO

TAMAÑO	L (mm)
10x38	32
10x85	79,6



CONTACTO PINZA Ø10 PARA CIRCUITO IMPRESO

TAMAÑO	L (mm)
10x38	42
10x85	89,6



FOTOVOLTAICOS

BASES



ST 1000V DC BASES NH PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

Bases portafusibles para fusibles de cuchilla (NH). Disponibles en tamaños NH1(250 A) y NH3(630 A). Fabricadas con materiales de alta calidad. Contactos de cobre electrolítico plateados. Materiales plásticos autoextinguibles y de alta resistencia a la temperatura. Todos los materiales utilizados son conformes a la Directiva europea 2002/95/EC RoHS (restricción de ciertas sustancias peligrosas en el material eléctrico). Montaje mediante fijación a raíl DIN o tornillos. Modelos unipolares. Conexión mediante tornillos. Contactos tipo pinza con doble resorte para un óptimo funcionamiento. Amplia gama de accesorios que permiten una ejecución IP20. Cubrebornos, tapafusibles, separadores. Posibilidad de crear conjuntos multipolares mediante accesorios. Fabricadas según normas IEC, EN, VDE y DIN.

	DESCRIPCION	REFERENCIA	U (VDC)	EMBALAJE
UNIPOLAR				
NH1 250A	RAIL DIN-FIJACION TORNILLO / CONEXION TORNILLO	354172	1000	1
NH2 400A	RAIL DIN-FIJACION TORNILLO / CONEXION TORNILLO	354175	1000	1
NH3 500A	RAIL DIN-FIJACION TORNILLO / CONEXION TORNILLO	354180	1000	1



354175

ACCESORIOS PARA BASES NH

MICRORRUPTORES PARA FUSIBLES NH

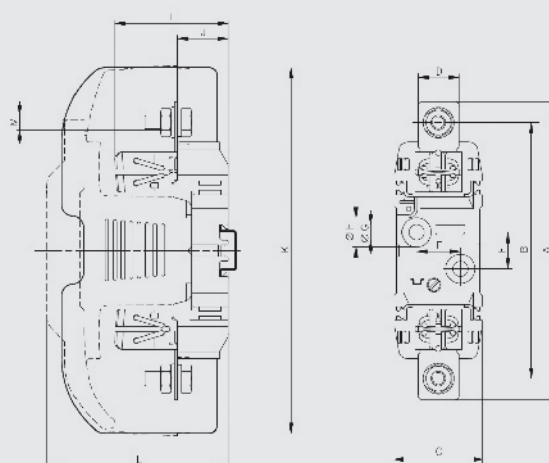
REFERENCIA	DESCRIPCION	EMBALAJE
357010	MICRORRUPTOR PARA FUSIBLES NH1 & NH3	Unid./CAJA 1/12



357010

ST 1000V DC BASES NH PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

DIMENSIONES



TAMAÑO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
NH1	200	175	48	28	30	25	10,1	20,5	77,5	35	250	106	M10
NH2	225	200	60	32	30	25	10,5	20,5	88	35	250	123	M12
NH3	240	210	60	38	30	25	10,5	20,5	97	35	270	143	M12

NORMAS	NORMAS
IEC 60269-1 IEC 60269-2 EN 60269-1 EN 60269-2 UL4248	VDE 0636 DIN 43620

HOMOLOGACIONES

COMPATIBLE	COMPATIBLE
gPV NH1 & NH3 FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS	CUBREBORNES, TAPAFUSIBLES Y KITS DE PROTECCION IP20
PAGINA 04	VER NH

TECNICO

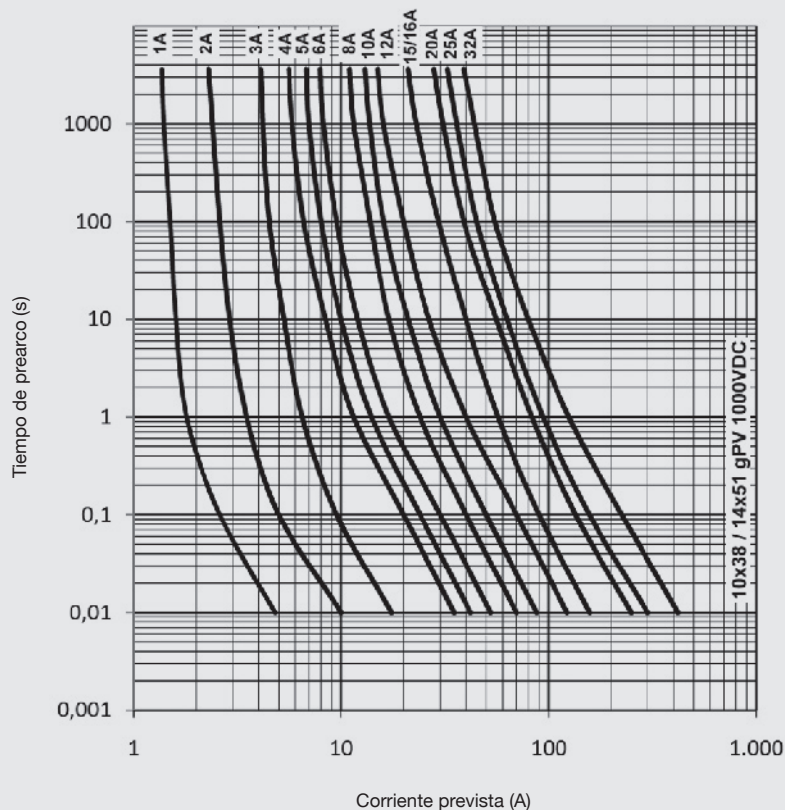
gPV

FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

CARACTERISTICAS t-I Y POTENCIAS DISIPADAS

10x38

14x51



CORRIENTE
ASIGNADA
(A)

REFERENCIA

POTENCIA DISIPADA
(W @ 0,7 In)

POTENCIA DISIPADA
(W @ In)

I²t PREARCO
(A²s)

I²t TOTAL
(A²s)

1000V
DC

600V
DC

1000V
DC

600V
DC

1000V
DC

600V
DC

1000V
DC

600V
DC

1000V
DC

600V
DC

10x38

1	491601	491901	0,31	0,31	0,76	0,76	0,35	0,35	1,3	0,8
2	491602	491902	0,78	0,62	1,45	1,54	0,62	1,78	1,0	3,9
3	491604	491904	0,66	0,54	1,66	1,35	1,9	9,0	3,1	19,6
4	491605	491905	0,64	0,73	1,57	1,84	6,9	3,0	11	6,6
5	491606	491906	0,60	0,93	1,65	2,22	14	4,4	22	9,6
6	491610	491910	0,76	0,96	1,84	2,40	24	8,5	38	18,8
8	491615	491915	0,80	1,02	1,92	2,55	62	25	99	55,0
10	491620	491920	0,94	1,03	2,2	2,58	10	11	48	27,9
12	491625	491925	0,98	1,04	2,4	2,60	18	25	94	62,8
15	491629	491929	1,0	1,07	2,6	2,44	46	25	110	82,8
16	491630	491930	1,1	1,08	2,7	2,70	46	33	110	82,8
20	491635	491935	1,2	1,16	2,9	2,90	118	85	282	212
25	-	491940	-	1,10	-	2,74	-	280	-	460
30	-	491944	-	1,70	-	4,00	-	400	-	650
32	-	491945	-	1,76	-	4,40	-	400	-	650

14x51

15	491647*	-	1,34	-	3,14	-	48	-	112	-
20	491648*	-	1,55	-	3,68	-	99	-	367	-
25	491650	-	1,6	-	3,8	-	275	-	650	-
32	491655	-	2,0	-	4,7	-	550	-	1300	-

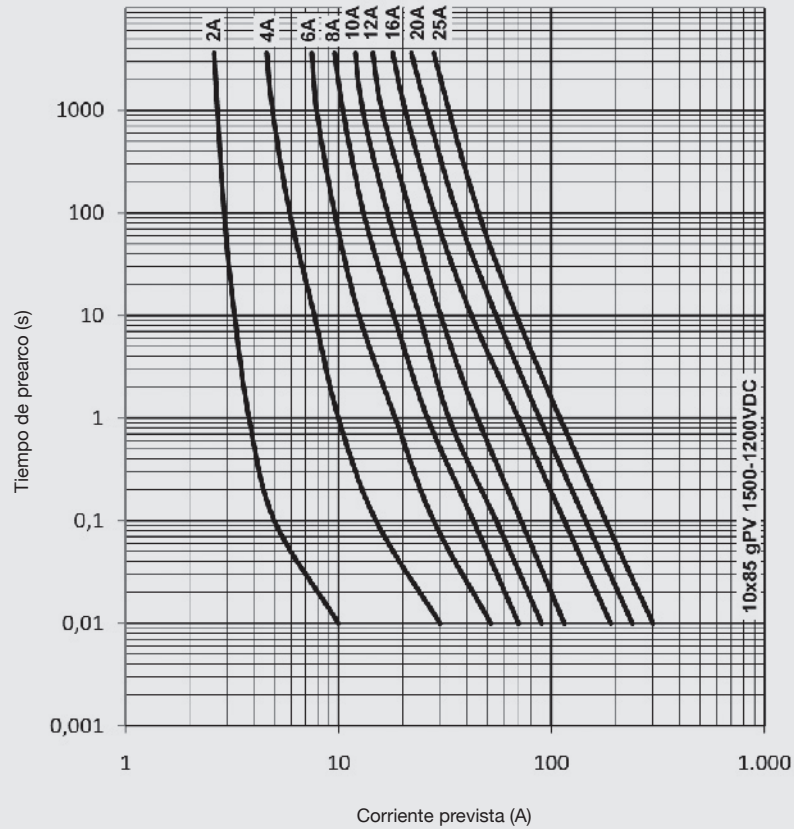
* 1100V DC

TECNICO

gPV

FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS CARACTERISTICAS t-I Y POTENCIAS DISIPADAS

10x85



CORRIENTE ASIGNADA (A)	REFERENCIA	POTENCIA DISIPADA (W @ 0,7 In)	POTENCIA DISIPADA (W @ In)	I ² t PREARCO (A ² s)	I ² t TOTAL (A ² s)
---------------------------	------------	-----------------------------------	-------------------------------	--	--

1500V
DC

2	492202	1,28	3,42	0,8	1,1
4	492205	1,16	2,91	13	17
6	492210	1,10	2,65	65	84
8	492215	1,16	2,79	175	225
10	492220	1,81	4,38	209	269
12	492225	1,83	4,43	400	515

1200V
DC

16	492230	1,75	4,13	136	269
20	492235	2,13	5,14	242	478
25	492240	2,28	5,48	545	1075

TECNICO

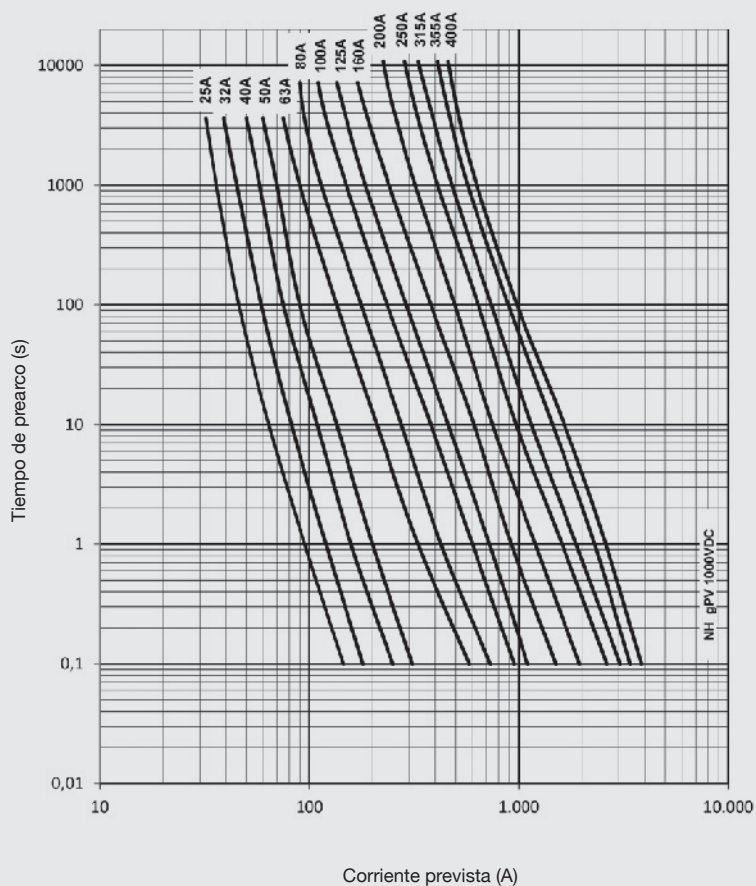
gPV

FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS CARACTERISTICAS t-I Y POTENCIAS DISIPADAS

NH1

NH2

NH3



CORRIENTE ASIGNADA (A)	REFERENCIA	POTENCIA DISIPADA (W @ 0,7 In)	POTENCIA DISIPADA (W @ In)	I ² t PREARCO (A ² s)	I ² t TOTAL (A ² s)
---------------------------	------------	-----------------------------------	-------------------------------	--	--

1000V
DC

1000V
DC

1000V
DC

1000V
DC

1000V
DC

NH1

25	373210	5,2	12,5	62	94
32	373215	6,3	15,5	122	184
40	373225	6,7	16,6	302	454
50	373230	7,5	18	562	844
63	373235	8,2	20	1210	1815
80	373240	10	27	2250	3375
100	373245	11	28	4000	6000
125	373250	12,5	32	6500	9700
160	373255	10,0	25,0	10300	19800
200	373260	12,5	30,0	19900	38300

NH2

200	373350	11,4	28,0	18700	36400
250	373360	13,0	33,3	36800	71500

NH3

200	373425	19,5	48,0	21700	31700
250	373435	20,5	51,5	41000	60000
315	373445	26,2	66,0	76000	111500
355	373450	18,0	46,5	74700	130700
400	373455	20,0	51,0	104400	182600

TECNICO

gPV

FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

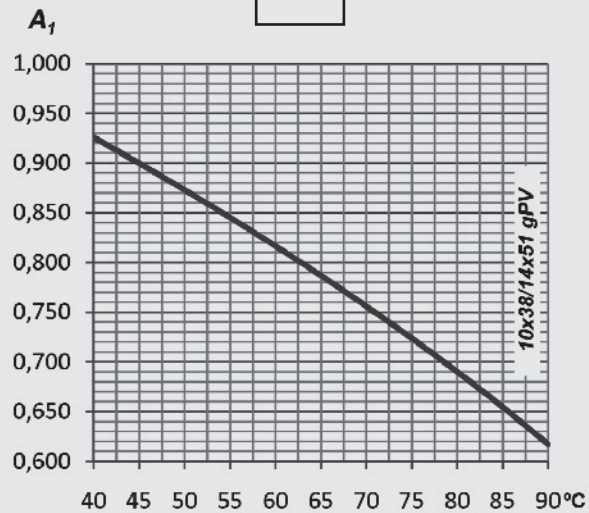
COEFICIENTE REDUCCION POR TEMPERATURA AMBIENTE

10x38
14x51

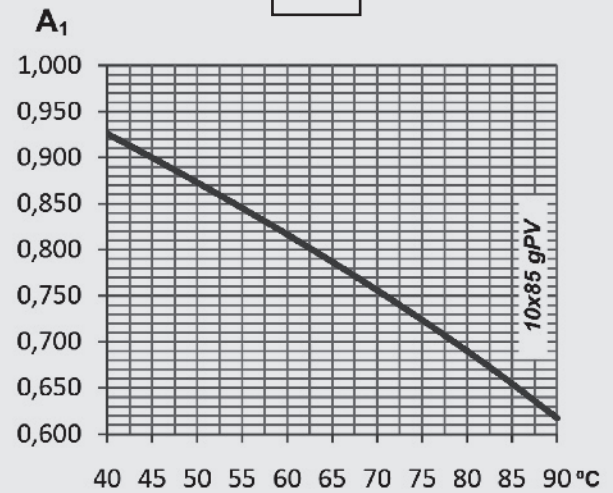
10x85

NH1
NH2
NH3

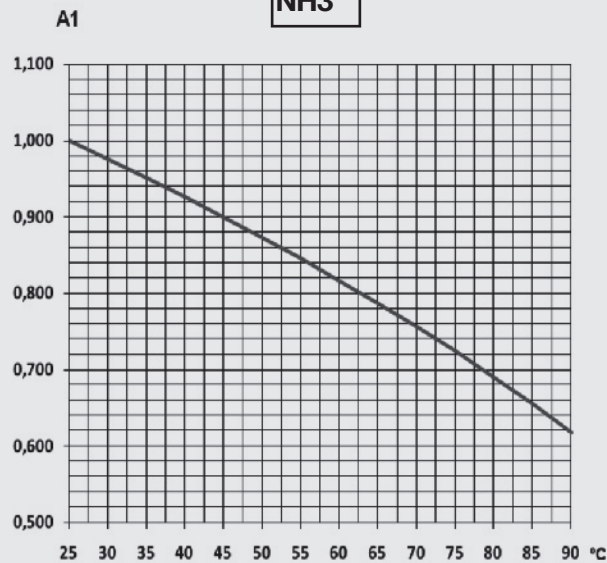
10x38
14x51



10x85



NH1
NH2
NH3



t_a (°C)	A_1
40	0,92
45	0,90
50	0,87
55	0,85
60	0,82
65	0,79
70	0,76
75	0,72
80	0,69

THE PROTECTION FORMULA

BY  **Electric**

ELECTRONICOS



CILINDRICOS



FOTOVOLTAICOS



RAPIDPLUS



NH



FUSIBLES ESPECIALES



DOMESTICOS



D & DO



TRANSFORMADORES



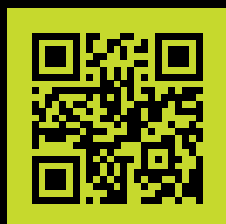


OFICINA CENTRAL Y FABRICA
SILICI, 67-69
08940 CORNELLA DE LLOBREGAT
BARCELONA
SPAIN
Tel. +34 93 377 85 85
Fax +34 93 377 82 82

VENTAS NACIONAL
Tel. 93 475 08 64
Fax 93 480 07 76
comercial@df-sa.es

VENTAS EXPORTACION
Tel. +34 93 475 08 64
Fax +34 93 480 07 75
export@df-sa.es

www.df-sa.es



**PROTECTING
THE WORLD**



Hoja de características del producto

Características

A9F79216

Interrupor automático magnetotérmico iC60N - 2P - 16A - curva C



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Gama de producto	IC60
Nombre del producto	Acti 9 iC60
Tipo de producto o componente	Interrupor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
Corriente nominal (In)	16 A
Tipo de red	DC AC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Código de poder de corte	N
Poder de corte	6 kA Icu coordinación EN/IEC 60947-2 : 440 V CA 50/60 Hz 10 kA Icu de acuerdo con EN/IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 20 kA Icu de acuerdo con EN/IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 6000 A Icn de acuerdo con EN/IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 36 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 12...60 V AC 50/60 Hz 10 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - <= 125 V DC 36 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 100...133 V AC 50/60 Hz
Categoría de utilización	Categoría A de acuerdo con EN 60947-2 Categoría A de acuerdo con IEC 60947-2
Apto para seccionamiento	Sí de acuerdo con EN 60947-2 Sí acorde a IEC 60947-2 Sí de acuerdo con EN 60898-1 Sí acorde a IEC 60898-1
Normas	IEC 60947-2 EN 60898-1 IEC 60898-1 EN 60947-2

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] tensión asignada de empleo	12...133 V CA 50/60 Hz 72...125 V CC 220...240 V AC 50/60 Hz 380...415 V AC 50/60 Hz 400 V AC 50/60 Hz 440 V CA 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A 100 % x Icu de acuerdo con IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 10 kA 100 % x Icu de acuerdo con IEC 60947-2 - 72...125 V CC 10 kA 100 % x Icu de acuerdo con EN 60947-2 - 72...125 V CC 6000 A 100 % x Icu de acuerdo con EN 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 4.5 kA 75 % x Icu de acuerdo con IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 15 kA 75 % x Icu de acuerdo con EN 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7.5 kA 75 % x Icu de acuerdo con EN 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 4.5 kA 75 % x Icu de acuerdo con EN 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 15 kA 75 % x Icu de acuerdo con IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7.5 kA 75 % x Icu de acuerdo con IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 27 kA 75 % x Icu de acuerdo con IEC 60947-2 - 12...133 V CA 50/60 Hz 27 kA 75 % x Icu de acuerdo con EN 60947-2 - 12...133 V CA 50/60 Hz
Clase de limitación	3 de acuerdo con EN 60898-1 3 coordinación IEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 500 V CA 50/60 Hz de acuerdo con EN 60947-2
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV de acuerdo con EN 60947-2 6 kV acorde a IEC 60947-2
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución de embarrado tipo peine	Sí arriba o abajo
Paso interpolar	18 mm Entre fases
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Conexiones - terminales	Terminal simple, arriba o abajo rígido cableado(s) 1...25 mm² max Terminal simple, arriba o abajo Flexible cableado(s) 1...16 mm² max
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm arriba o abajo
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente
Código de compatibilidad	IC60
Segmento de mercado	Pequeños comercios

Entorno

Grado de protección IP	IP20 de acuerdo con EN 60529 IP20 acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	3 de acuerdo con EN 60947-2 3 acorde a IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV

Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % (55 °C)
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Sostenibilidad de la oferta

Estado de la oferta sostenible	Producto Green Premium
RoHS (código de fecha: AASS)	Conforme - desde 0627 - Declaración de conformidad de Schneider Electric Declaración de conformidad de Schneider Electric
REACH	La referencia no contiene SVHC La referencia no contiene SVHC
Perfil ambiental del producto	Disponible
Instrucciones para el fin del ciclo de vida del producto	No necesita operaciones específicas para reciclaje

Información Logística

País de Origen	Francia
----------------	---------

Garantía contractual

Warranty period	18 months
-----------------	-----------



Pedidó información

Lunes a Viernes

De 9:00 a 14:00 / 16:00 a 20:00



91 366 00 63 / 93 867 02 68

639 457 972



Aparellaje Eléctrico S.A. **DELIXI**

Aparatos Modulares

Interruptores Diferenciales Puros. Según UNE-EN61008-1

CDL7

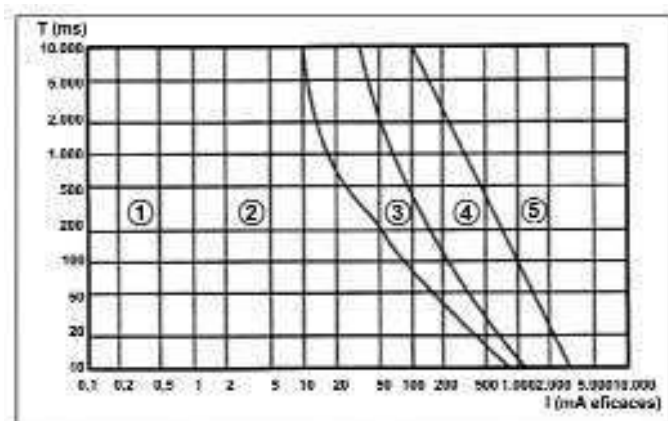
Características

Los interruptores diferenciales están diseñados para la protección de personas contra contactos indirectos y la protección de equipos eléctricos contra fugas de corriente a tierra, para tensiones de 440V o inferiores con frecuencias de 50/60Hz.

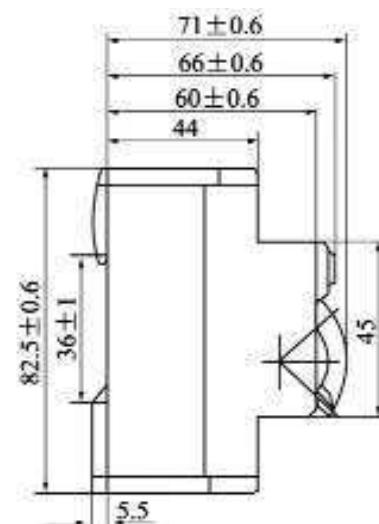
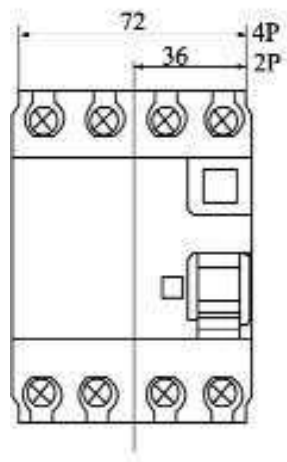
- Polos: 2 y 4 Polos
- In.: 16, 25, 40, 63, 80 y 100A
- Sensibilidad: 10, 30 y 300mA
- Poder corte: 6kA
- Tipos: A, AC y Especiales
- Protección: IP20

- Certificados:  ,  , 

Diagrama de protección



Dimensiones





¿Qué es el Servicio y Gestión al Instalador?

Es un servicio de calidad creado en el año 2005, orientado a cubrir las necesidades de información, formación y asesoramiento técnico integral, dentro del sector eléctrico y muy especialmente entre los instaladores electricistas con inquietud y ánimo de superación. El objetivo primordial es el de ofrecer servicios y gestiones que hagan el trabajo del instalador más cómodo y productivo.

P.V.P. del Servicio S.G.I. 60 € año



El perfecto bus de comunicación entre el sector eléctrico y la formación

